

(51)Int.Cl.⁸
G 0 1 S 5/14

識別記号

F I
G 0 1 S 5/14

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 85 頁)

(21)出願番号 特願平9-515151
 (86)(22)出願日 平成8年(1996)10月8日
 (85)翻訳文提出日 平成10年(1998)4月9日
 (86)国際出願番号 PCT/US96/16161
 (87)国際公開番号 WO97/14049
 (87)国際公開日 平成9年(1997)4月17日
 (31)優先権主張番号 60/005,318
 (32)優先日 1995年10月9日
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 08/612,582
 (32)優先日 1996年3月8日
 (33)優先権主張国 米国(US)

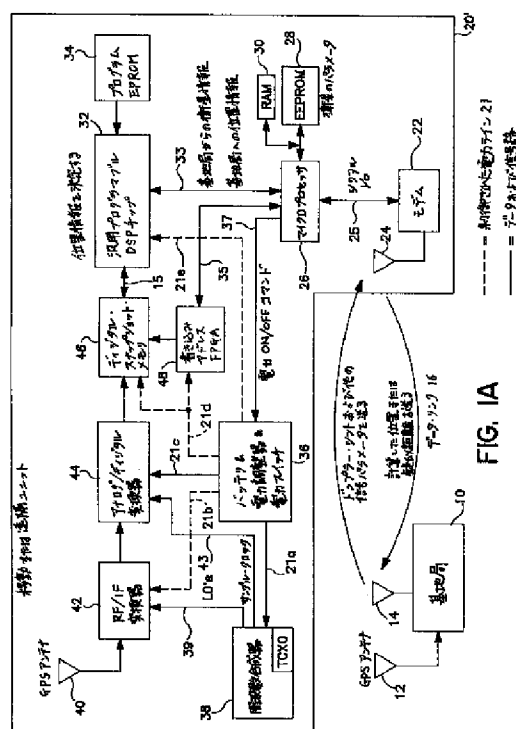
(71)出願人 スナップトラック・インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国・95117・カリフォルニア
 州・サン ホゼ・ムーアパーク アヴェニ
 ュ・4040・スイート 250
 (72)発明者 クラスナー, ノーマン・エフ
 アメリカ合衆国・94070・カリフォルニア
 州・サン カルロス・コベントリー コー
 ト・117
 (74)代理人 弁理士 山川 政樹 (外5名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 GPS受信機とGPS信号を処理する方法

(57)【要約】

一つの実施形態のGPS受信機は、RF周波数のGPS信号を視界内にある衛星から受信するアンテナと、受信GPS信号を中間周波数(IF)に削減するため、アンテナに接続される通減器と、通減器に接続されて、所定の割合でIFのGPS信号をサンプリングし、サンプリングしたIFのGPS信号を生成するディジタイザと、ディジタイザに接続されて、サンプリングしたIFのGPS信号(GPS信号のスナップショット)を記憶するメモリと、メモリに接続されて、記憶された命令に従って作動し、サンプリングしたIFのGPS信号で高速フーリエ変換(FFT)演算を実行して疑似距離情報を提供するデジタル信号プロセッサ(DSP)とを含む。これらの操作は、通常、GPS信号の前処理および後処理も含む。データのスナップショットを取得した後、受信機の先端は電源を切断される。一つの実施形態のGPS受信機は、他の電力管理機能も含み、別の実施形態では、GPS信号のサンプリングに使用する局部発振器のエラーを補正する機能も含む。疑似距離の計算速度、および操作の感度は、視界内にある衛星のドップラー周波



【特許請求の範囲】

1. GPS受信機装置であって、
視界内の衛星からRF周波数のGPS信号を受信するアンテナと、
アンテナに結合され、受信したGPS信号のRF周波数を中間周波数（IF）
に下げる通減器と、
通減器に結合され、IFのGPS信号を受信し、所定の率でIFのGPS信号
をサンプリングして、サンプリングしたIFのGPS信号を生成するディジタイ
ザと、
ディジタイザに接続され、サンプリングしたIFのGPS信号を記憶するメモ
リと、
そのメモリに接続され、高速量み込みを実行するデジタル信号プロセッサ（
DSP）と
を備えるGPS受信機。
2. さらに、通信アンテナと、通信アンテナおよびDSPに接続された受信機
とを備え、データ信号を受信する受信機が衛星データ情報を含む請求項1に記載
のGPS受信機。
3. 衛星データ情報が、GPS受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を
含む請求項2に記載のGPS受信機。
4. 衛星データ情報が、GPS受信機の視界内にある複数の衛星の指標、およ
びGPS受信機の視界内にある複数衛星の各衛星の対応する複数のドップラー情
報を含む請求項3に記載のGPS受信機。
5. 衛星データ情報が衛星の天文暦を表すデータを含む請求項2に記載のGP
S受信機。
6. さらに、通減器に接続され、第1基準信号を提供する、局部発振器を備え
る請求項1に記載のGPS受信機。
7. さらに、通減器に接続され、第1基準信号を提供する、局部発振器を備え
、受信機が、局部発振器からの第1基準信号の較正に使用する精密搬送波周波数
信号を受信し、局部発振器を使用してGPS信号を捕捉する請求項2に記載のG
P

S受信機。

8. DSPが、ドップラー情報を使用して、サンプリング済みIFのGPS信号を補正し、高速畳み込み演算が疑似距離情報を提供する請求項3に記載のGPS受信機。

9. さらに、通減器およびディジタイザに接続される電力管理回路を備え、IFのGPS信号をメモリに記憶した後に、電力管理回路が、通減器およびディジタイザの消費する電力を削減する請求項1に記載のGPS受信機。

10. さらに、DSPに接続され、疑似距離情報を送る送信機を備える請求項8に記載のGPS受信機。

11. さらに、DSPに接続され、緯度および経度情報を送る送信機を備える請求項2に記載のGPS受信機。

12. GPS受信機を使用する方法であって、
視界内の衛星からGPS信号を受信するステップと、
所定の率でGPS信号をデジタル化して、サンプリングしたGPS信号を生成するステップと、
サンプリングGPS信号をメモリに記憶するステップと、
GPS受信機内でサンプリングGPS信号で高速畳み込み演算を実行することにより、サンプリングGPS信号を処理するステップと
を含む方法。

13. さらに、衛星データ情報を含むデータ信号を受信するステップを含む請求項12に記載の方法。

14. 衛星データ情報が、GPS受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を備える請求項13に記載の方法。

15. ドップラー情報が、サンプリングGPS信号の補正に使用され、処理がさらに前処理および後処理操作を含む請求項14に記載の方法。

16. 高速畳み込み演算が、疑似距離情報を提供し、処理がさらに前処理および後処理操作を含む請求項15に記載の方法。

17. 衛星データ情報が衛星の天文暦を表すデータを備える請求項13に記載の方法。

18. 高速畳み込み演算が疑似距離情報を提供し、天文暦および疑似距離情報が、GPS受信機の緯度および経度の計算に使用される請求項17に記載の方法。
19. 緯度および経度がGPS受信機の利用者に対して表示される請求項18に記載の方法。
20. 緯度および経度が、GPS受信機によって送信される請求項18に記載の方法。
21. GPS信号がスードライトから発生する請求項12に記載の方法。
22. GPS信号が軌道上の衛星から発生する請求項12に記載の方法。
23. GPS信号がスードライトから発生する請求項1に記載のGPS受信機。
24. GPS信号が軌道上の衛星から発生する請求項1に記載のGPS受信機。
25. 全世界測位衛星（GPS）受信機で疑似距離を決定する方法であって、
減衰器に接続したアンテナを使用して、視界内の1個または複数のGPS衛星からの疑似乱数シーケンスを含むGPS信号を受信するステップと、
デジタル・スナッチショット・メモリ内の受信GPS信号をバッファリングするステップと、
デジタル信号プロセッサ内で、視界内の1個または複数のGPS衛星のバッファリングGPS信号を処理するステップと、
バッファリングしたデータを、継続時間がGPS信号内に含まれる疑似乱数（PN）コードのフレーム期間の倍数に等しい一連の隣接するブロックに分割するステップと、
を含み、ブロックごとに、連続するデータのサブブロック同士を加算することにより、疑似乱数コード期間の継続時間と等しい長さを有する圧縮データ・ブロックを生成するステップとを含み、各サブブロックの対応するサンプル番号を互いに加算するよう、サブブロックが、1つのPNフレームと等しい継続時間を有し、
圧縮ブロックごとに、処理中のGPS衛星の疑似乱数シーケンス（PRS）と

突き合わせて圧縮ブロックのデータの畳み込みを実行するステップを含み、畳み込みが、高速畳み込みアルゴリズムを使用して実行され、畳み込みが結果を生成し、さらに

畳み込みのそれぞれで生成した結果で絶対値平方演算を実行して、絶対値平方データを生成するステップと、

絶対値平方データのブロックを互いに加算して、畳み込みからの各絶対値平方の対応するサンプル数を互に加算することにより、全ブロックの絶対値平方データを単一のデータ・ブロックにまとめるステップと、

デジタル補完法を使用して、単一データ・ブロックのピークの位置を高精度で探索するステップと

を含み、位置はデータ・ブロックの開始からピークまでの距離であり、その位置が処理中のPRSに対応するGPS衛星までの疑似距離を表すことを特徴とする方法。

26. バッファリングしたGPS信号の処理に使用する高速畳み込みアルゴリズムが高速フーリエ変換(FFT)であり、畳み込みの結果が、圧縮ブロックの前方向変換の積とPRSの前方向変換の予め記憶した表現とを計算して第1結果を生成し、第1結果の逆変換を実行して結果を回復することによって生成される請求項25に記載の方法。

27. バッファリングしたGPS信号の処理に使用する高速畳み込みアルゴリズムがWinogradアルゴリズムである請求項25に記載の方法。

28. ドップラー効果により誘発された時間遅延と局部発振器により誘発された時間誤差とが、圧縮データ・ブロックごとに、圧縮ブロックの前方向FFTと、ブロックに必要な遅延補正に対応するようサンプル数に対する位相が調整された複素指数関数との乗法を、前方向と逆高速フーリエ変換演算との間に挿入することにより補正される請求項26に記載の方法。

29. デジタル信号プロセッサが、記憶されている命令を実行する汎用プログラマブル・デジタル信号処理チップである請求項25に記載の方法。

30. バッファリングしたGPS信号の処理に使用する高速畳み込みアルゴリ

ズムがAgarwal-Coolleyアルゴリズムである請求項25に記載の方法。

31. バッファリングしたGPS信号の処理に使用する高速畳み込みアルゴリズムが分割入れ子アルゴリズムである請求項25に記載の方法。

32. バッファリングしたGPS信号の処理に使用する高速畳み込みアルゴリズムが再帰的な多項式入れ子アルゴリズムである請求項25に記載の方法。

33. さらに、ピークが所定の閾値を超えるかどうか判断することにより、ピークが有効であることを判断するステップを含む請求項25に記載の方法。

34. 遠隔センサの位置を決定する全世界測位システム（GPS）衛星を使用するトラッキング方法であって、

視界内の複数のGPS衛星から遠隔センサでGPS信号を受信し、記憶するステップと、

記憶したGPS信号に対して高速畳み込み技術を使用したデジタル信号処理を含む計算をセンサ内で実行し、GPS信号を使用して疑似距離を計算するステップと

GPS衛星の天文暦データが送られている基地局に疑似距離をセンサから送るステップと、

疑似距離および衛星天文暦データを使用して、センサの地理的位置を計算するために、基地局で疑似距離を受信するステップとを含むトラッキング方法。

35. 疑似距離を計算するステップが、

メモリ内に受信GPS信号を記憶するステップと、

デジタル信号プロセッサで、視界内の1個または複数のGPS衛星の記憶GPS信号を処理するステップと、

記憶したデータを、継続時間がGPS信号内に含まれる疑似乱数（PN）コードのフレーム期間の倍数に等しい一連の隣接するブロックに分割するステップと

、

ブロックごとに、連続するデータのサブブロック同士をコヒーレントに加算す

ることにより、疑似乱数コード期間の継続時間と等しい長さを有する圧縮データ・ブロックを生成するステップとを含み、サブブロックが、1つのPNフレームと等しい継続時間を有し、さらに

圧縮ブロックごとに、整合フィルタリング演算を実行して、データ・ブロック内に含まれる受信PNコードとローカルで生成したPN基準信号との間の相対的時間を決定するステップを含み、整合フィルタリング演算が高速畳み込み技術を

使用し、さらに

整合フィルタリング演算で生成した積で絶対値平方演算を実行し、全ブロックの絶対値平方データを単一のデータ・ブロックにまとめるため絶対値平方データのブロックを加算し合わせてピークを生成するステップを含み、ピークの位置は、ディジタル補完法を使用して決定され、疑似距離に対応する請求項34に記載のトラッキング方法。

36. 整合フィルタリング演算が、

処理中のGPS衛星の疑似乱数シーケンス(PRS)と突き合わせて圧縮ブロックのデータの畳み込みを実行するステップを含み、畳み込みが、高速畳み込みアルゴリズムを使用して実行され、畳み込みの積を生成する請求項35に記載のトラッキング方法。

37. バッファリングしたGPS信号の処理に使用する高速畳み込みアルゴリズムが高速フーリエ変換(FFT)であり、畳み込みの積が、圧縮ブロックの前方向変換をPRSの前方向変換の予め記憶した表現によって計算して第1結果を生成し、第1結果の逆変換を実行して積を回復することによって生成される請求項36に記載のトラッキング方法。

38. GPS受信機で実行可能なコードを有するコンピュータ・プログラムを記録したコンピュータ読取り媒体であって、

疑似乱数(PN)コードを備えるGPS信号を視界内の衛星から受信する第1命令と、

所定の率でGPS信号をディジタル化して、サンプリングしたGPS信号を生成する第2命令と、

サンプリングGPS信号をメモリに記憶する第3命令と、
PNコードとローカルで生成したPN基準信号との間の相対的時間を決定する
整合フィルタリング演算を備え、サンプリングGPS信号で高速畳み込み演算を
実行することにより、サンプリングGPS信号を処理する第4命令と、
を備えるコンピュータ・プログラムを記録した媒体。
39. GPS信号が、1.024MHzの倍数の割合でサンプリングされて、
サンプリングGPS信号を提供する請求項12に記載の方法。

40. 所定の割合が、1.024MHzの倍数である請求項1に記載のGPS
受信機。

41. DSPが前処理および後処理操作も実行する請求項1に記載のGPS受
信機。

42. 前処理操作が高速畳み込みの前に発生し、後処理操作が高速畳み込みの
後に発生する請求項41に記載のGPS受信機。

43. 前処理操作が、視界内衛星の信号のドップラー・シフトの修正を含む請
求項42に記載のGPS受信機。

44. 前処理操作が、サンプリングIFのGPS信号の部分を加算し合わせて
圧縮サンプルを提供し、高速畳み込みが圧縮サンプルの畳み込みを含む請求項4
2に記載のGPS受信機。

45. 高速畳み込みが複数の結果を生成し、後処理操作が、複数の結果を加算
し合わせることを含む請求項44に記載のGPS受信機。

46. 複数の結果が、複数の絶対値の平方を備える請求項45に記載のGPS
受信機。

47. 遠隔センサの位置を決定する全世界測位システム（GPS）衛星を使用
する方法であって、

遠隔センサで、視界内の複数のGPS衛星からGPS信号を受信し、記憶する
ステップと、

記憶したGPS信号に対して高速畳み込み技術を使用するデジタル信号処理
を含む計算をセンサ内で実行し、GPS信号を使用して疑似距離を計算するステ

ップと、

複数の衛星の天文暦を表すデータを備える衛星データ情報の送信を受信するステップと、

衛星データ情報と疑似距離とを使用して、センサ内で位置情報を計算するステップと

を含む方法。

48. 送信が基地局からのものである請求項47に記載の方法。

49. 送信が、複数の衛星からの送信を含む請求項47に記載の方法。

50. 位置情報が基地局に送信される請求項47に記載の方法。

51. さらに、基地局から精密搬送波周波数信号を受信するステップと、基地局からの精密搬送波周波数信号を自動的にロックするステップと、遠隔センサ内で、精密搬送波周波数信号を用いて局部発振器を校正するステップとを含む請求項48に記載の方法。

52. 遠隔センサが、複数の衛星の天文暦を表すデータを備える送信を受信するGPS受信機を備える請求項49に記載の方法。

53. 疑似距離を計算するステップが、さらに、
受信GPS信号をメモリに記憶するステップと、

デジタル信号プロセッサで、視界内の1個または複数のGPS衛星の記憶GPS信号を処理するステップと、

記憶したデータを、継続時間がGPS信号内に含まれる疑似乱数(PN)コードのフレーム期間の倍数に等しい一連の隣接するブロックに分割するステップと

、
ブロックごとに、連続するデータのサブブロック同士をコヒーレントに加算することにより、疑似乱数コード期間の継続時間と等しい長さを有する圧縮データ・ブロックを生成するステップとを含み、サブブロックが、1つのPNフレームと等しい継続時間を有し、さらに

圧縮ブロックごとに、整合フィルタリング演算を実行して、データ・ブロック内に含まれる受信PNコードとローカルで生成したPN基準信号との間の相対的

時間を決定するステップを含み、整合フィルタリング演算が高速畳み込み技術を使用し、さらに

整合フィルタリング演算で生成した積で絶対値平方演算を実行し、全ブロックの絶対値平方データを単一のデータ・ブロックにまとめるため絶対値平方データのブロックを加算し合わせてピークを生成するステップを含み、ピークの位置は、デジタル補完法を使用して決定され、疑似距離に対応する請求項 4 7 に記載の方法。

5 4. 整合フィルタリング演算が、

処理中の GPS 衛星の疑似乱数シーケンス (PRS) と突き合わせて圧縮ブロックのデータの畳み込みを実行するステップを含み、畳み込みが、高速畳み込み

アルゴリズムを使用して実行され、畳み込みの結果を生成する請求項 5 3 に記載の方法。

5 5. バッファリングした GPS 信号の処理に使用する高速畳み込みアルゴリズムが高速フーリエ変換 (FFT) であり、畳み込みの積が、圧縮ブロックの前方向変換 PRS の前方向変換の予め記憶した表現によって計算して第 1 結果を生成し、第 1 結果の逆変換を実行して積を回復することによって生成される請求項 5 4 に記載の方法。

5 6. 計算ステップが、さらに、高速畳み込み技術の前に前処理操作を実行し、高速畳み込み技術の後に後処理操作を実行するステップを含む請求項 4 7 に記載の方法。

5 7. 高速畳み込み技術が整合フィルタリング演算を含み、GPS 信号が、メモリ内の一連の隣接するブロックに記憶され、前処理が、ブロックごとに連続するデータのサブブロックを加算し合わせるにより圧縮データ・ブロックを生成するステップを含み、後処理が、整合フィルタリング演算で生成した積の表示を加算し合わせるステップを含む請求項 5 6 に記載の方法。

5 8. さらに、基地局から精密搬送波周波数信号を受信するステップと、基地局からの精密搬送波周波数信号を自動的にロックするステップと、遠隔センサ内で、精密搬送波周波数信号を用いて局部発振器を較正するステップとを含む請求

項 3 4 に記載の方法。

5 9. 計算ステップが、さらに、高速畳み込み技術の前に前処理操作を実行し、高速畳み込み技術の後に後処理操作を実行するステップを含む請求項 3 4 に記載の方法。

6 0. 高速畳み込み技術が整合フィルタリング演算を含み、GPS 信号が、メモリ内の一連の隣接するブロックに記憶され、前処理が、ブロックごとに連続するデータのサブブロックを加算し合わせるにより圧縮データ・ブロックを生成するステップを含み、後処理が、整合フィルタリング演算で生成した積の表示を加算し合わせるステップを含む請求項 5 9 に記載の方法。

6 1. 衛星データ情報が、GPS 受信機の視界内にある複数の衛星の指標、および GPS 受信機の視界内にある複数の衛星の各衛星の対応する複数のドップラー

情報を備える請求項 7 に記載の GPS 受信機。

6 2. さらに、通減器およびディジタイザに接続される電力管理回路を備え、IF の GPS 信号をメモリに記憶した後に、電力管理回路が、通減器およびディジタイザの消費する電力を削減する請求項 7 に記載の GPS 受信機。

6 3. GPS 受信機の電力管理方法であって、
GPS 受信機で、視界内の衛星からの GPS 信号を受信するステップと、
GPS 信号をバッファリングするステップと、
GPS 受信機が消費する電力を削減するステップと
を含む方法。

6 4. さらに、処理システムで GPS 信号を処理して、処理した GPS 信号を供給するステップを含む請求項 6 3 に記載の方法。

6 5. 処理済み GPS 信号が疑似距離情報を含む請求項 6 4 に記載の方法。

6 6. さらに、GPS 受信機で、GPS 受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を受信するステップを含む請求項 6 5 に記載の方法。

6 7. さらに、疑似距離情報を送るステップを含む請求項 6 6 に記載の方法。

6 8. GPS 受信機の消費電力削減ステップが、GPS 信号のバッファリングの後に発生する請求項 6 4 に記載の方法。

69. 処理済みGPS信号を使用して、GPS受信機の緯度および経度を提供する請求項64に記載の方法。

70. 処理が、メモリ内でバッファリングされているGPS信号の高速畳み込み演算を含む請求項64に記載の方法。

71. デジタル信号プロセッサ(DSP)が処理を実行する請求項70に記載の方法。

72. メモリ内でバッファリングされるGPS信号の量が変化し、感度を犠牲にして電力を削減する請求項70に記載の方法。

73. さらに電力を節約するためにバッファリングするGPS信号をさらに少なくできる請求項72に記載の方法。

74. 処理が、メモリ内にバッファリングされるGPS信号の高速畳み込み演算を含む請求項66に記載の方法。

75. デジタル信号プロセッサ(DSP)が処理を実行する請求項74に記載の方法。

76. メモリ内でバッファリングされるGPS信号の量が変化し、感度を犠牲にして電力を削減する請求項74に記載の方法。

77. さらに電力を節約するためにバッファリングするGPS信号をさらに少なくできる請求項76に記載の方法。

78. 通信用受信機がドップラー情報を受信し、方法がさらに、ドップラー情報の受信後の期間、通信用受信機が消費する電力を削減するステップを含む請求項66に記載の方法。

79. 期間が予め決定されている請求項78に記載の方法。

80. さらに、疑似距離情報の送信後に疑似距離情報を送る送信機が消費する電力を削減するステップを含む請求項65に記載の方法。

81. 通信用受信機が衛星データ情報を受信し、方法がさらに、衛星データ情報の受信後の期間、通信用受信機が消費する電力を削減するステップを含む請求項64に記載の方法。

82. 衛星データ情報が、衛星の天文暦を表すデータを含む請求項81に記載

の方法。

８３．期間が予め決定されている請求項８２に記載の方法。

８４．さらに、ＧＰＳ受信機内の通信用送信機で位置情報を送るステップを含み、通信用送信機が消費する電力は、位置情報の送信後に削減される請求項８２に記載の方法。

８５．位置情報が緯度および経度を含む請求項８４に記載の方法。

８６．さらに、ＧＰＳ受信機内の通信用送信機で位置情報を送るステップを含み、通信用送信機が消費する電力は、位置情報の送信後に削減される請求項６４に記載の方法。

８７．さらに、処理済みＧＰＳ信号を提供した後に処理システムの消費電力を削減するステップを含む請求項６４に記載の方法。

８８．ＧＰＳ受信機を有するシステムの消費電力を管理する方法であって、
ＧＰＳ受信機で、視界内の衛星からのＧＰＳ信号を受信するステップと、

ＧＰＳ受信機に接続した通信用受信機で、衛星データ情報を表すデータを含む信号を受信するステップと、

通信用送信機から位置情報を表す情報を送るステップと、

ＧＰＳ受信機に接続した処理システムでＧＰＳ信号を処理するステップと、

ＧＰＳ受信機、通信用受信機、および通信用送信機を構成するグループから選択した構成要素の消費電力を削減するステップと
を含む方法。

８９．処理システムが消費する電力が削減される請求項８８に記載の方法。

９０．電力削減ステップが、構成要素を電源断状態か低電力状態のいずれかにすることを含む請求項８８に記載の方法。

９１．低電力状態が、構成要素が削減されていない場合より低いクロック周波数で構成要素をクロックすることである請求項９０に記載の方法。

９２．さらに、メモリ内でＧＰＳ信号をバッファリングするステップを含み、衛星データ情報が、ＧＰＳ受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を含む請求項８８に記載の方法。

93. 電力削減ステップの後に、構成要素が低電力状態にあり、方法がさらに、通信用受信機を通して信号を受信すると、構成要素を通常の電力状態に戻す、請求項88に記載の方法。

94. 構成要素が通信用受信機であり、電力削減ステップが、ある期間、通信用受信機の電力を削減する請求項93に記載の方法。

95. 期間が予め決定されている請求項94に記載の方法。

96. 低電力状態を有するGPS移動ユニット内の装置であって、

GPS信号を受信するGPS受信機と、

GPS受信機に接続され、衛星データ情報を含む信号を受信する通信用受信機と、

GPS受信機に接続され、GPS信号を処理する処理システムと、

処理システムに接続され、GPS移動ユニットの位置情報を表す情報を送る通信用送信機と、

通信用受信機に接続され、GPS受信機、通信用受信機、処理システム、およ

び通信用送信機を構成するグループから選択した構成要素の消費電力を削減し、その構成要素を低電力状態にする電力管理回路とを備えるシステム。

97. 低電力状態を有するGPS移動ユニットであって、

視界内にある衛星からGPS信号を受信する受信機と、

受信機に接続され、GPS信号を表すデータを記憶するメモリと、

メモリに接続され、GPS信号を処理して処理済みGPS信号を出力するプロセッサと、

プロセッサに接続され、GPS移動ユニットの消費電力を削減する電力管理回路と

を備えるGPS移動ユニット。

98. さらに、電力管理回路に接続された通信用受信機および通信用送信機を備える請求項97に記載のGPS移動ユニット。

99. 電力管理回路がプロセッサの消費電力を削減する請求項97に記載のG

P S 移動ユニット。

100. 構成要素が低電力状態になった後に、電力管理回路が、通信用受信機から信号を受信すると、構成要素を通常の電力状態に復帰させる請求項96に記載の装置。

101. G P S 移動ユニットが低電力状態になった後に、電力管理回路が、通信用受信機から信号を受信すると、G P S 移動ユニットの電力消費量が増加する状態に復帰させる請求項96に記載のG P S 移動ユニット。

102. さらに、バッテリーおよび太陽電池と、バッテリーおよび太陽電池および電力管理回路に接続された電力調整器とを備え、太陽電池がバッテリーを充電する請求項97に記載のG P S 移動ユニット。

103. さらに、電力調整器に接続された第2バッテリーを備え、太陽電池がバッテリーを充電している時は、第2バッテリーがG P S 移動ユニットに電力を供給する請求項102に記載のG P S 移動ユニット。

104. さらに、

受信機および電力管理回路に接続された、第1制御電力相互接続部と、

メモリと電力管理回路に接続された第2制御電力相互接続部とを備え、電力管理回路が、第1制御電力相互接続部を通り受信機に供給される電力を制御し、第2制御電力相互接続部を通りメモリに供給される電力を制御することによって、電力を削減する請求項97に記載のG P S 移動ユニット。

105. 電力管理回路が、マイクロプロセッサと複数の電源スイッチとを備える請求項97に記載のG P S 移動ユニット。

106. 電力管理回路が、デジタル信号処理構成要素内に電力制御論理を備え、プロセッサがデジタル信号処理構成要素を備える請求項97に記載のG P S 移動ユニット。

107. 電力管理回路がさらに、電力制御論理に接続された複数の電源スイッチを備える請求項106に記載のG P S 移動ユニット。

108. さらに、バッテリーおよび太陽電池と、バッテリーおよび太陽電池および電力管理回路に接続された電力調整器を備える請求項96に記載の装置。

109. さらに、GPS受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を含む衛星データ情報を受信する通信用受信機を備える請求項97に記載のGPS移動ユニット。

110. GPS移動ユニットが低電力状態になった後に、電力管理回路が、GPS移動ユニットを電力消費量増加状態に復帰させる請求項97に記載のGPS移動ユニット。

111. さらに、衛星の天文暦を表すデータを含む衛星データ情報を受信する通信用受信機を備える請求項97に記載のGPS移動ユニット。

112. さらに、GPS受信機および電力管理回路に接続された第1制御電力相互接続部を備え、

電力管理回路が、第1制御電力相互接続部を通りGPS受信機に供給される電力を制御することによって、電力を削減する請求項96に記載の装置。

113. 電力管理回路がマイクロプロセッサと複数の電源スイッチとを備える請求項96に記載の装置。

114. 電力管理回路が、デジタル信号処理構成要素内に電力制御論理を備え、プロセッサがデジタル信号処理構成要素を備える請求項96に記載の装置。

115. 電力管理回路がさらに、電力制御論理に接続された複数の電源スイッチを備える請求項114に記載の装置。

116. 衛星データ情報が、GPS受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を含む請求項96に記載の装置。

117. さらに、処理システムに接続されたバッファを備え、バッファがGPS信号を記憶する請求項96に記載の装置。

118. 衛星データ情報が衛星の天文暦を表すデータを含む請求項96または97に記載の装置。

119. プロセッサが、GPS信号の表示で高速畳み込み演算を実行することにより、GPS信号を処理する請求項97に記載のGPS移動ユニット。

120. GPS信号をメモリ内に記憶した後、受信機の消費電力が低下する請

求項 1 1 9 に記載の GPS 移動ユニット。

1 2 1. GPS 信号の前処理が、高速畳み込み演算の前に実行される請求項 1 1 9 に記載の GPS 移動ユニット。

1 2 2. 高速畳み込み演算の結果の後処理操作が、高速畳み込み演算の後に実行される請求項 1 2 1 に記載の GPS 移動ユニット。

1 2 3. 低電力状態を有する GPS 移動ユニット内の装置であって、
GPS 信号を受信する GPS 受信機と、
GPS 受信機に接続され、衛星データ情報を含む信号を受信する通信用受信機と、
GPS 受信機に接続され、GPS 信号を処理する処理システムと、
処理システムに接続され、GPS 移動ユニットの位置情報を表す情報を送信する通信用送信機と、

構成要素に接続され、GPS 受信機、通信用受信機、処理システムおよび通信用送信機を構成するグループから選択された構成要素の消費電力を削減し、構成要素を低電力状態にする電力管理回路と
を備える装置。

1 2 4. 電力管理回路がタイマを備え、タイマが電力管理回路に周期的な計時信号を供給して構成要素にフル・パワー状態を提供する請求項 1 2 3 に記載の装

置。

1 2 5. 構成要素が、所定の期間だけ低電力状態にあり、次にフル・パワー状態に復帰する請求項 6 1 に記載の装置。

1 2 6. さらに、処理システムに接続されたバッファを備え、バッファが GPS 信号を記憶する請求項 1 2 3 に記載の装置。

1 2 7. さらに、構成要素および電力管理回路に接続された第 1 制御電力相互接続部を備え、電力管理回路が、第 1 制御電力相互接続部を通り構成要素へ供給する電力を制御することによって、電力を削減する請求項 1 2 6 に記載の装置。

1 2 8. 電力管理回路がマイクロプロセッサと複数の電源スイッチとを備える請求項 1 2 6 に記載の装置。

129. 電力管理回路が、デジタル信号処理構成要素の電力制御論理を備え、処理システムがデジタル信号処理構成要素を備える請求項126に記載の装置。

130. 電力管理回路がさらに、電力制御論理に接続された複数の電源スイッチを備える請求項129に記載の装置。

131. 衛星データ情報がGPS受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を含む請求項126に記載の装置。

132. 衛星データ情報が衛星の天文暦を表すデータを含む請求項126に記載の装置。

133. 処理システムが、GPS信号の表示で高速畳み込み演算を実行することにより、GPS信号を処理する請求項126に記載の装置。

134. GPS信号をバッファ内に記憶した後、通信用受信機の消費電力が低下する請求項133に記載の装置。

135. GPS信号の前処理が、高速畳み込み演算の前に実行される請求項133に記載の装置。

136. 高速畳み込み演算の結果の後処理操作が、高速畳み込み演算の後に実行される請求項135に記載の装置。

137. さらに、受信機に接続された局部発振器を備え、局部発振器が第1基準信号を提供し、さらに局部発振器に接続された通信用受信機を備え、通信用受信機が、GPS信号の捕捉に使用する局部発振器を較正するための精密搬送波周

波数信号を提供する請求項97に記載のGPS移動ユニット。

138. さらに、通信用受信機に接続された局部発振器を備え、局部発振器が第1基準信号を提供し、通信用受信機が局部発振器に接続され、通信用受信機が、GPS信号の捕捉に使用する局部発振器を較正するための精密搬送波周波数信号を提供する請求項131に記載の装置。

139. 遠隔ユニットの位置を決定する方法において、

遠隔ユニットで、遠隔ユニットの視界内にある衛星のドップラー情報を受信するステップと、

遠隔ユニットで、ドップラー情報を使用して衛星の位置情報を計算するステップとを含むプロセス。

140. さらに、衛星のドップラー情報を基地局から遠隔ユニットに送るステップを含む請求項139に記載の方法。

141. ドップラー情報が、基地局でGPS受信機から獲得される請求項140に記載の方法。

142. 位置情報が、衛星を含め、遠隔ユニットの視界内にある複数の衛星の疑似距離を含む請求項140に記載の方法。

143. 位置情報が、遠隔ユニットの位置を示す緯度および経度を含む請求項140に記載の方法。

144. さらに、疑似距離を遠隔ユニットから基地局へ送るステップを含み、基地局が、遠隔ユニットの位置を示す緯度および経度を計算する請求項142に記載の方法。

145. さらに、衛星の衛星データ情報を遠隔ユニットに送るステップを含み、衛星データ情報が衛星の天文暦を表すデータを含む請求項142に記載の方法。

146. さらに、衛星の衛星データ情報を遠隔ユニットに送るステップを含み、衛星データ情報が衛星の天文暦を表すデータを含む請求項143に記載の方法。

147. GPS信号を表すデータを使用して、その位置を知らせる移動ユニットであって、

通信リンクを介して結合され、移動ユニットの視界内にある衛星のドップラー

情報を受信する移動ユニット内の受信機と、

受信機に接続されてドップラー情報を受信し、ドップラー情報を使用して衛星の位置情報を計算する移動ユニット内の処理ユニットと、
を備える移動ユニット。

148. 移動GPSユニットに通信リンクを提供する基地局を使用する方法で

あって、

移動GPSユニットの視界内にある衛星のドップラー情報を決定するステップと、

移動GPSユニットの視界内にある衛星のドップラー情報を送るステップとを含む方法。

149. ドップラー情報が、衛星から基地局へのGPS信号のドップラー・シフトを表す、請求項148に記載の方法。

150. ドップラー情報が、衛星から移動GPSユニットへのGPS信号のドップラー・シフトをほぼ表す、請求項149に記載の方法。

151. ドップラー情報が、基地局でGPS受信機から獲得され、ドップラー情報が衛星から基地局へのGPS信号のドップラー・シフトを表す、請求項148に記載の方法。

152. ドップラー情報が、衛星から移動GPSユニットへのGPS信号のドップラー・シフトをほぼ表す、請求項151に記載の方法。

153. さらに、移動GPSユニットから位置情報を受信するステップを含み、基地局が移動GPSユニットの位置を示す緯度および経度を獲得するよう、位置情報が基地局で受信される請求項152に記載の方法。

154. 位置情報が、衛星を含め、移動GPSユニットの視界内にある複数の衛星の疑似距離を含み、基地局が疑似距離から緯度および経度を計算する請求項153に記載の方法。

155. 位置情報が、緯度および経度を含む請求項153に記載の方法。

156. さらに、衛星の衛星データ情報を移動GPSユニットへ送るステップを含み、前衛星データ情報が衛星の天文暦を表すデータを含む請求項148に記載の方法。

157. 処理ユニットがドップラー情報を使用して、衛星からのGPS信号のドップラー・シフトを補償する請求項139に記載の方法。

158. 処理ユニットがドップラー情報を使用して、衛星からのGPS信号のドップラー・シフトを補償する請求項147に記載の移動ユニット。

159. 通信リンクが無線周波数通信媒体を備える請求項158に記載の移動ユニット。

160. さらに、処理ユニットに接続された送信機を備え、送信機が位置情報を送る請求項158に記載の移動ユニット。

161. 位置情報が、移動ユニットの視界内にある複数の衛星の疑似距離を含む請求項160に記載の移動ユニット。

162. 位置情報が、移動ユニットの位置を示す緯度および経度を含む請求項160に記載の移動ユニット。

163. 処理ユニットが、ディジタル信号処理集積回路(DSP)を備え、DSPが高速畳み込みアルゴリズムを使用してGPS信号とドップラー情報を処理する請求項158に記載の移動ユニット。

164. さらに、処理ユニットに接続される送信機を備え、送信機が位置情報を送る請求項163に記載の移動ユニット。

165. 受信機が、衛星以外の発生源からの衛星の衛星データ情報を受信するよう作動可能で、衛星データ情報が、衛星の天文暦を表すデータを含む請求項147に記載の移動ユニット。

166. 移動GPSユニットに通信リンクを張る基地局であって、
移動GPSユニットの視界内にある衛星のドップラー情報の源と、
ドップラー情報の源に接続され、通信リンクを通してドップラー情報を移動GPSユニットに送る送信機と
を備える基地局。

167. ドップラー情報の源が、基地局に接続される記憶ユニットで、記憶ユニットが衛星について予め計算されたおおよそのドップラー情報を記憶する請求項166に記載の基地局。

168. さらに、

移動GPSユニットから位置情報を受信する受信機と、
受信機に接続されたプロセッサとを備える請求項166に記載の基地局。

169. ドップラー情報が、衛星から基地局へのGPS信号のドップラー・シ

フトを表す、請求項166に記載の基地局。

170. ドップラー情報が、衛星から移動GPSユニットへのGPS信号のドップラー・シフトをほぼ表す、請求項169に記載の基地局。

171. ドップラー情報が、基地局でGPS受信機を備える源から獲得され、ドップラー情報が、衛星から基地局へのGPS信号のドップラー・シフトを表す、請求項166に記載の基地局。

172. ドップラー情報が、衛星から移動GPSユニットへのGPS信号のドップラー・シフトをほぼ表す、請求項171に記載の基地局。

173. 基地局が移動GPSユニットの位置を示す緯度および経度を獲得するよう、位置情報が基地局で受信される請求項168に記載の基地局。

174. 位置情報が、衛星を含め、移動GPSユニットの視界内にある複数の衛星までの疑似距離を含み、基地局のプロセッサが疑似距離から緯度および経度を計算する請求項173に記載の基地局。

175. 位置情報が、緯度および経度を含む請求項173に記載の基地局。

176. 受信機が、衛星の衛星データ情報を移動GPSユニットに送信し、衛星データ情報が、衛星の天文暦を表すデータを含む請求項166に記載の基地局。

177. 基地局および移動GPSユニットが、互いに約150キロメートル以内にある請求項169に記載の基地局。

178. 移動GPS受信機の局部発振器を較正する方法で、
精密搬送波周波数信号を、精密搬送波周波数信号の発生源から受信するステップと、

精密搬送波周波数信号を自動的にロックして、基準信号を供給するステップと、

GPS信号を捕捉するために用いられる局部発振器を基準信号で較正するステップと
を含む方法。

179. 受信ステップが、通信リンクを介して通信された衛星データ情報を含

むデータ信号から、精密搬送波周波数信号を抽出するステップを含む請求項 178 に記載の方法。

180. 衛星データ情報が、移動GPS受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を含む請求項 179 に記載の方法。

181. 衛星データ情報が衛星の天文暦を表すデータを含む請求項 179 に記載の方法。

182. 通信リンクが、双方向ページ・リンクまたは携帯電話リンクまたはパーソナル通信システムまたは特殊化した移動無線または無線パケット・データ・システムで構成されたグループから選択される請求項 179 に記載の方法。

183. 通信リンクが無線周波数通信媒体である請求項 179 に記載の方法。

184. 自動周波数制御論理が、位相ロック・ループまたは周波数ロック・ループまたはブロック位相推定器のいずれかを含む請求項 178 に記載の方法。

185. 基準信号が、局部発振器による周波数と比較されて、局部発振器を校正する基準周波数を提供する請求項 184 に記載の方法。

186. 移動GPS受信機であって、

GPS信号を受信する第1アンテナと、

そのアンテナに接続され、アンテナからGPS信号を受ける通減器と、

通減器に接続され、第1基準信号を通減器に与えて、GPS信号を第1周波数から第2周波数へと変換する局部発振器と、

精密搬送波周波数信号を供給する発生源から精密搬送波周波数信号を受信する第2アンテナと、

第2アンテナに接続され、第2基準信号を局部発振器に与えて、局部発振器の第1基準信号を校正する自動周波数制御(AFC)回路と

を備え、局部発振器を使用してGPS信号を捕捉する移動GPS受信機。

187. さらに、AFC回路および局部発振器に接続される比較器を備え、比較器が、第1基準信号と第2基準信号とを比較して、局部発振器からの第1基準信号の周波数を調整する請求項 186 に記載の移動GPS受信機。

188. AFC回路が、第2アンテナに接続される受信機に接続される位相ロック・ループを備える請求項 187 に記載の移動GPS受信機。

189. さらに、第2アンテナに接続される受信機を備え、受信機が第2アンテナからの精密搬送波周波数信号を受信し、受信機が、第2アンテナを通して通信される衛星データ情報を含むデータ信号を有する精密搬送波周波数信号を受信する請求項186に記載の移動GPS受信機。

190. 衛星データ情報が、移動GPS受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を含む請求項189に記載の移動GPS受信機。

191. 衛星データ情報が、移動GPS受信機の視界内にある複数の衛星のIDと、移動GPS受信機の視界内にある複数衛星の各衛星に関する対応する複数のドップラー情報とを含む請求項190に記載の移動GPS受信機。

192. 衛星データ情報が衛星の天文暦を表すデータを含む請求項189に記載の移動GPS受信機。

193. 基地局を使用して移動GPS受信機内の局部発振器を校正する方法であって、

精密な周波数を有する第1基準信号を生成するステップと、

データ信号で第1基準信号を変調し、精密搬送波周波数信号を供給するステップと、

精密搬送波周波数信号をGPS受信機に送るステップとを含み、精密搬送波周波数信号を使用して移動GPS受信機内の局部発振器を校正し、局部発振器を使用してGPS信号を捕捉する方法。

194. データ信号が、移動GPS受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を含む、衛星データ情報を含む請求項193に記載の方法。

195. データ信号が、衛星の天文暦を表すデータを含む衛星データ情報を含む請求項193に記載の方法。

196. 遠隔ユニットの位置を決定する方法であって、

ドップラーを含むGPS衛星情報を、データ・リンクを介して基地局から遠隔ユニットに送るステップと、

遠隔ユニットで、衛星情報と視界内衛星からのGPS信号を受信するステップと、

遠隔ユニットで、視界内衛星への疑似距離を計算するステップと、

疑似距離を、データ・リンクを介して遠隔ユニットから基地局に送るステップと、

基地局で、疑似距離を使用して遠隔ユニットの位置を計算するステップを含む方法。

197. 移動GPS受信機内で使用して移動GPS受信機内の局部発振器を較正する較正信号を提供する基地局であって、

精密な周波数を有する第1基準信号の第1発生源と、

第1発生源と、衛星データ情報の第2発生源とに接続されて精密搬送波周波数信号を供給する変調器と、

変調器に接続され、移動GPS受信機に精密搬送波周波数信号を送信し、精密搬送波周波数信号を使用して局部発振器を較正する送信機とを備え、局部発振器を使用してGPS信号を捕捉する基地局。

198. 衛星データ情報が、移動GPS受信機の視界内にある衛星のドップラー情報を含む請求項197に記載の基地局。

199. 衛星データ情報が、移動GPS受信機の視界内にある衛星の天文暦を表すデータを含む請求項197に記載の基地局。

200. さらに、送信機に接続されるプロセッサを備え、プロセッサが送信機に指示して移動GPS受信機に送信させる請求項197に記載の基地局。

201. プロセッサが、移動GPS受信機の視界内にある複数の衛星を決定し、複数の衛星の衛星ごとに衛星データ情報を獲得し、プロセッサが送信機に指示して、複数の衛星のIDおよび衛星データ情報をGPS受信機に送信させる請求項200に記載の基地局。

202. 衛星データ情報が、複数の衛星のドップラー情報を含む請求項201に記載の基地局。

203. 衛星データ情報が、複数の衛星の天文暦を表すデータを含む請求項201に記載の基地局。

204. 位置情報が、さらに遠隔ユニットの高度を含む請求項143に記載のプロセス。

【発明の詳細な説明】

GPS受信機とGPS信号を処理する方法

発明の背景

関連出願

本出願は、本出願と同日に同じ発明者が出願した2つの特許出願と関連する。その2つの出願は通信リンクを使用した改良型GPS受信機（1996年3月8日出願のシリアルNo. 08/612, 582号）、パワー管理機能付き改良型GPS受信機（1996年3月8日出願のシリアルNo. 08/613, 966号）である。

本出願は、同じ発明者Norman F. Krasnerにより1995年10月9日出願された仮特許出願「Low Power, Sensitive Pseudorange Measurement Apparatus and Method for Global Positioning Satellites Systems」と題する米国特許出願第60/005, 318号に関連し、その出願日の権利を主張する。

本特許明細書の開示の一部は、著作権保護の対象となるものを含む。著作権所有者は、特許商標局の特許ファイルまたは記録にあるように、何人かが特許文書または特許開示をそのまま複製することに反対しないが、それ以外は全ての著作権を保有する。

1. 発明の分野

本発明は、サテライトの位置情報を決定することができる受信機に関し、特に全世界測位衛星（GPS）システムに応用される受信機に関する。

2. 背景技術

GPS受信機は通常、複数のGPS（またはNAVSTAR）衛星から同時に送信される信号の到着の相対的時間を計算することによって、その位置を決定す

る。これらの衛星は、そのメッセージの一部として、衛星の位置データと、クロック計時、いわゆる「天文暦」データとの両方を送る。GPS信号を探索し、取得して、複数の衛星の天文暦データを読み取り、このデータから受信機の位置を

計算するプロセスは、時間を消費し、往々にして数分かかる。多くの場合、この長い処理時間は許容できず、さらに超小型化したポータブル用途でバッテリーの寿命を大幅に制限する。

現在のGPS受信機のもう一つの制約は、その動作が、複数の衛星が障害物もなくはっきり見え、このような信号を受信する良質のアンテナを適切に配置した場合に制限されることである。したがって、これは通常、体に取り付けたポータブルの用途、大量の葉群か建物で妨害された区域や屋内の用途では使用不可能である。

GPS受信システムには次の2つの基本的機能がある。つまり(1)様々なGPS衛星の疑似距離を計算し、(2)その疑似距離と衛星の計時および天文暦データとを使用して受信プラットフォームの位置を計算する。疑似距離とは、単に各衛星からの受信信号と地域の時計との間で測定された時間の遅れである。衛星の天文暦および計時データは、取得したらGPS信号から抽出し、トラッキングする。上述したように、この情報の収集には通常比較的長い時間(30秒から数分)かかり、低いエラー率を達成するために、良好な受信信号レベルで実行しなければならない。

既知のほぼすべてのGPS受信機は、相関法を使用して疑似距離を計算する。この相関法はリアルタイムで実行され、往々にしてハードウェアの相関装置で行う。GPS信号は疑似乱数(PN)シーケンスと呼ばれる高速反復信号を含む。民生用途に使用可能なコードはC/Aコードと呼ばれ、1.023MHzの2進位相反転率、つまり「チップング」率と、1ミリ秒のコード期間に1023チップの反復期間を有する。コード・シーケンスはゴールド・コードとして知られるファミリーに属する。各GPS衛星は、一意のゴールド・コードを有する信号を放送する。

任意のGPS衛星から受信した信号ごとに、相関受信機はベースバンドへの通減プロセス後、受信信号にそのローカル・メモリに含まれる該当ゴールド・コー

ドの記憶レプリカを乗算し、次に信号の存在の指標を獲得するために積を積分、つまり低域濾波器にかける。このプロセスは「相関」動作と呼ぶ。受信信号に対

してこの記憶レプリカの相対的タイミングを順次調整し、相関出力を観察することによって、受信機は受信信号とローカル・クロックとの時間の遅れを決定することができる。このような出力の存在を最初に決定することを、「捕捉」と呼ぶ。捕捉が生じると、プロセスは、高相関出力を維持するためにローカル基準の計時を少量調整する「トラッキング」フェーズになる。トラッキング・フェーズ中の相関出力は、疑似乱数コードを除去したGPS信号、あるいは一般的用語では「デスプレッド (despred)」と見なすことができる。この信号は帯域が狭く、帯域は、GPSの波形に重ねた50ビット/秒の2進移相変調されたデータ信号と同一基準である。

相関捕捉プロセスは非常に時間がかかり、受信信号が弱い場合は特にそうである。捕捉時間を改善するため、大部分のGPS受信機は、相関ピークを平行探索できる複数の相関装置（通常は最大12個）を使用する。

以前の幾つかのGPS受信機は、FFT技術を用いて受信GPS信号のドップラー周波数を決定した。この受信機は、従来通りの相関動作を用いてGPS信号をデスプレッドし、一般に10kHzないし30kHzの帯域を有する狭帯域信号を供給する。その結果得られる狭帯域信号を、次にFFTアルゴリズムを用いてフーリエ分析し、搬送波の周波数を決定する。このように搬送波を決定すると、同時に、ローカルPN基準が受信信号の正しい位相に合わせて調整される指標も与え、搬送波周波数を正確に測定する。次に、この周波数を受信機のトラッキング動作に使用することができる。

Johnsonの米国特許第5,420,592号は、FFTアルゴリズムを使用して、移動ユニットではなく中央処理位置で疑似距離を計算することを検討している。その方法によると、データのスナップショットがGPS受信機に収集され、次にデータ・リンクを介して遠隔受信機に送信され、そこでFFT処理を受ける。しかし、ここで開示された方法は、相関の組を実行するのに、順方向および逆高速フーリエ変換を1つ（4つのPN期間に相当）しか計算しない。

本発明の以下の説明から明白なように、多数のFFT動作を、特殊な前処理お

よび後処理動作とともに実行することによって、感度を上げ、処理速度を上げる

ことができる。

本特許では、相関、畳み込み、および整合フィルタリングという用語を頻繁に使用する。「相関」という用語は、2系列の数字に適用する場合は、2系列の対応するメンバーを項ごとに掛け、その後で系列を合計することである。これは「直列相関」と呼ぶこともあり、一つの数字の出力を生じる。環境によっては、連続グループのデータで一連の相関動作を実施する。

「畳み込み」という用語は、2系列の数字に適用されると、当技術分野で通常使用しているのと同じであり、フィルタで長さ m の第2系列をフィルタリングし、長さ n のインパルス応答を有する第1系列に対応させることに等しい。結果は、長さ $m+n-1$ の第3系列となる。「整合フィルタリング」とは、前述したフィルタが第1系列と時間が反転した複雑な共役であるインパルス応答を有する畳み込み、つまりフィルタリング動作を指す。「高速畳み込み」という用語は、効率的な方法で畳み込み演算を計算する1系列のアルゴリズムを指す。

相関と畳み込みという用語を交換可能な方法で使用する著者もいるが、本特許では、相関という用語は常に上述した直列の相関演算を指す。

概要

本発明の一つの実施態様は、データ通信リンクを介して基地局から遠隔ユニットまたは移動GPSユニットにドップラーなどのGPS衛星情報を送ることにより、遠隔GPS受信機の位置を決定する方法を提供する。遠隔ユニットは、この情報およびビュー衛星からの受信GPS信号を使用して、その後、衛星の疑似距離を計算する。次に、計算した疑似距離を基地局に送信し、そこで遠隔ユニットの位置を計算する。この方法を実施することができる装置の様々な実施態様についても述べる。

本発明の別の実施態様は、ビュー衛星からGPS信号を受信するアンテナと、受信GPS信号のRF周波数を中間周波数(IF)に減少させる遅減器とを有するGPS受信機を提供する。IF信号はデジタル化され、後で受信機が処理するためにメモリに記憶される。この処理は通常、本発明の一つの実施態様では、

サンプリングしたIFのGPS信号で高速畳み込み(例えばFFT)動作を実行

して疑似距離情報を得るのに必要な命令を実行するプログラム可能デジタル信号プロセッサを使用して実行される。これらの動作は、通常、GPS信号の記憶済みバージョンまたはGPS信号の処理または記憶済みバージョンの（高速畳み込みの前の）前処理および（高速畳み込みの後の）後処理も含む。

本発明のさらに別の実施態様は、GPS受信機の電力管理法を提供し、電力管理機能を有するGPS受信機も提供する。ビュー衛星からGPS信号を受信し、その信号をバッファリングしてからGPS受信機を切ることにより、電力消耗は従来技術のシステムより減少する。他の電力管理機能についても述べる。

図面の簡単な説明

本発明を、例および非制限的な添付図面類の図によって例証し、そこで参照番号は同様の要素を示す。

第1A図は、本発明の方法を使用する遠隔または移動GPS受信システムの主要構成要素のブロック図で、基地局と遠隔ユニットとの間に存在するデータ・リンクを示す。

第1B図は、代替GPS移動ユニットのブロック図である。

第1C図は、別の代替GPS移動ユニットのブロック図である。

第2A図および第2B図は、本発明の実施形態である受信機のRFおよびIF部分の2つの代替形態である。

第3図は、本発明の方法によりプログラム可能DSPプロセッサが実行する主要動作（例えばソフトウェア動作）の流れ図である。

第4図は、本発明の方法による様々な処理ステージにおける信号処理波形を示す。

第5A図は、本発明の一つの実施形態の基地局システムを示す。

第5B図は、本発明の代替実施形態の基地局システムを示す。

第6図は、本発明の一つの態様により、局部発振器の相関または較正機能を有するGPS移動ユニットを示す。

第7図は、本発明の一つの実施形態による移動ユニットの電力管理法を示す流

れ図である。

発明の詳細な説明

本発明は、電力消費が非常に少なく、非常に低い受信信号レベルで動作することができる遠隔ハードウェアになる方法で、移動、つまり遠隔物体の位置を計算する装置および方法に関する。つまり、電力消費量が減少する一方で、受信機の感度は上昇している。これは、第1A図で示すように、遠隔受信機能を実現し、個別に配置された基地局10から遠隔またはGPS移動ユニット20へとドップラー情報を送ることにより可能になる。

疑似距離を使用して、様々な方法で遠隔ユニットの地理的位置を計算できることを理解されたい。以下のような3つの例がある。

1. 方法1：衛星のデータ・メッセージを基地局10から遠隔ユニット20に再送することにより、遠隔ユニット20はこの情報を疑似距離測定値と組み合わせ、その位置を計算することができる。例えば、参照により本明細書に組み込んだ米国特許第5,365,450号を参照すること。通常、遠隔ユニット20は、遠隔ユニット20の位置の計算を実行する。

2. 方法2：遠隔ユニット20は、当技術分野で一般に実施されている普通の方法で受信したGPS信号から衛星の天文暦データを収集する。このデータは、通常は1時間ないし2時間有効で、疑似距離測定値と組み合わせて、通常は遠隔ユニットで、位置計算を完成することができる。

3. 方法3：遠隔ユニット20は、通信リンク16を介して疑似距離を基地局10に送信し、基地局は、この情報を衛星の天文暦データと組み合わせて、位置計算を完成することができる。例えば、参照により本明細書に組み込んだ米国特許第5,225,842号を参照すること。

アプローチ（すなわち方法）1および3では、基地局10と遠隔ユニット20とは、関係する全衛星を共通して見て、GPS疑似距離コードの反復率に伴う時間の曖昧さを解決するのに十分なだけ接近して配置されると想定される。これは、基地局10と遠隔ユニット20との間の範囲が、光速にPN反復期間（1ミリ秒）を掛けた値の1/2倍、つまり約150kmの場合に満たされる。

本発明を説明するために、方法3は位置計算を完成するために使用すると想定

される。しかし、本明細書を検討すると、当業者には本発明の様々な態様および実施形態を、上記の3つの方法および他のアプローチとともに使用できることが理解される。例えば、方法1の変形では、衛星の天文暦を表すデータのような衛星データ情報は、基地局から遠隔ユニットに送信され、この衛星データ情報を、パッファしたGPS信号から本発明により計算した疑似距離と組み合わせて、遠隔ユニットの緯度と経度を（および多くの場合は高度も）提供することができる。遠隔ユニットから受信する位置情報は、緯度および経度に制限するか、緯度、経度、高度、速度および遠隔ユニットの方位を含む包括的信息にすることができる。さらに、本発明の局部発振器の補正および／または電力管理の態様を、方法1のこの変形に使用することができる。さらに、ドップラー情報を遠隔ユニット20に送信し、本発明の態様により遠隔ユニット20で 사용할ことができる。

方法3では、基地局10が、第1A図で示すようにデータ通信リンク16で送るメッセージを介して、遠隔ユニット20に測定を実施するよう命令する。基地局10は、このメッセージ内で視界にある衛星にドップラー情報も送る。これは衛星データ情報の一形態である。このドップラー情報は通常、周波数情報の形式で、メッセージは通常、視界にある特定の衛星の識別データまたは他の初期化データも特定する。このメッセージは、遠隔ユニット20の部品である別個のモデム22に受信され、低電力マイクロプロセッサ26に結合されたメモリ30に記憶される。マイクロプロセッサ26は、遠隔ユニット処理エレメント32～48とモデム22との間のデータ情報転送を扱い、以下の検討で明白なように、遠隔受信機20内の電力管理機能をも制御する。通常、マイクロプロセッサ26は、疑似距離および／または他のGPSの計算を実施中、または代替電源が利用可能な場合を除き、大部分または全部の遠隔ユニット20のハードウェアを低電力状態または電力断状態に設定する。しかし、モデムの受信機部分は、少なくとも周期的に電源を（全力まで）入れ、基地局10が遠隔ユニットの位置を決定する命令を送信したか否かを決定しなければならない。

この上記のドップラー情報は、このようなドップラー情報に要求される精度が

高くないので、継続時間が非常に短い。例えば、 10 Hz の精度が必要で最大ドップラーが約 $\pm 7\text{ kHz}$ の場合、視界にある衛星ごとに11ビットのワードで十分である。8個の衛星が視界にある場合は、このようなドップラーを全部指定するのに、88ビット必要となる。この情報を使用すると、遠隔ユニット20がこのようなドップラーを探索する必要がなくなり、したがってその処理時間は十分の一以下に短縮される。ドップラー情報を使用すると、さらに、GPS移動ユニット20がGPS信号のサンプルをさらに素早く処理でき、これはプロセッサ32が位置情報を計算するために全電力を受け取らねばならない時間を短縮する傾向がある。これだけでも遠隔ユニット20が消費する電力が低下し、感度向上に貢献する。GPSメッセージのデータのエポック (epoch) など、追加の情報を遠隔ユニット20に送ることもできる。

受信したデータ・リンク信号は、高精度搬送波周波数を使用することができる。遠隔受信機20は、以下で説明する第6図に示すように、自動周波数制御 (AFC) ループを使用して、この搬送波にロックし、それによってその基準発振器をさらに較正する。10ミリ秒というメッセージ送信時間、20 dBの受信S/N比によって、通常はAFCを介した周波数測定に 10 Hz 以上の精度が可能になる。これは一般に、本発明の要件に十分な精度を上回る。この特徴は、従来通りに実行するか、本発明の高速量み込み法を用いて実行する位置計算の精度も改善する。

本発明の一つの実施形態では、通信リンク16は、双方向ページャー・システムのように市販されている狭帯域無線周波数通信媒体である。このシステムは、遠隔ユニット20と基地局10との間で送信されるデータ量が比較的少ない実施形態に使用することができる。ドップラーおよび他のデータ (例えば視界にある衛星のIDなどの初期化データ) の送信に必要なデータ量は比較的少なく、位置情報 (例えば疑似距離) に必要なデータ量も同様に比較的少ない。したがって、この実施形態に対しては狭帯域システムで十分である。これは、短期間に大量のデータを送る必要があるようなシステムとは異なり、このシステムはより高い帯域の無線周波数通信媒体を必要とすることがある。

遠隔ユニット20が (例えば基地局10から) GPS処理命令とドップラー情

報とともに受信すると、バッテリーおよび電力調整器および電力スイッチ回路 3 6（および制御された電力線 2 1 a、2 1 b、2 1 c および 2 1 d）を介して、マイクロプロセッサ 2 6 が RF / IF 変換器 4 2、アナログ / デジタル変換器 4 4 および デジタル・スナップショット・メモリ 4 6 を起動し、これによってこれらの構成要素に十分な電力を供給する。これによってアンテナ 4 0 を介して受信した GPS 衛星からの信号は IF 周波数に通減され、その後デジタル化される。通常は 1 0 0 ミリ秒から 1 秒（またはこれより長いこともある）の継続時間に対応するこのようなデータの連続セットは、次にスナップショット・メモリ 4 6 に記憶される。記憶されるデータの量は、電力の節約がよりよい感度の獲得ほど重要でない場合には、（よりよい感度を獲得するために）メモリ 4 6 に記憶できるデータを増加させ、電力の節約が感度より重要な場合はデータの記憶量が少なくなるようマイクロプロセッサ 2 6 により制御される。通常、GPS 信号が部分的に妨害された場合は、感度の方が重要になり、豊富な電源（例えば自動車用バッテリー）を使用可能な場合は、電力の節約がそれほど重要ではない。このデータを記憶するためにこのメモリ 4 6 にアドレスすることは、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ集積回路 4 8 が制御する。GPS 信号の通減は、以下でさらに検討するように、局部発振器信号 3 9 を変換器 4 2 に提供する周波数合成装置 3 8 を使用して達成される。

この時間を通して（スナップショット・メモリ 4 6 を視界内の衛星からのデジタル化 GPS 信号で満たす間）、DSP マイクロプロセッサ 3 2 は低電力状態に維持することができる。RF / IF 変換器 4 2 およびアナログ / デジタル変換器 4 4 は、通常、疑似距離の計算に必要なデータを収集し記憶するのに十分な短期間、オン状態にされる。データ収集が完了すると、変換器回路はオフにされるか、（メモリ 4 6 が十分な電力を受け続けながら）制御された電力線 2 1 b および 2 1 c を介して他の方法で電力が削減され、したがって実際の疑似距離計算中にさらなる電力消費に貢献しない。疑似距離計算は、一つの実施形態では、Texas Instruments からの TMS 3 2 0 C 3 0 集積回路で例証されるような汎用プログラマブル・デジタル信号処理 IC 3 2（DSP）を使用して実行される。この DSP 3 2 は、このような計算を実行する前に、制御され

た電力線 21e を介してマイクロプロセッサ 26 および回路 36 によって能動電力状態にされる。

この DSP 32 は、特殊化したカスタム・デジタル信号処理 IC ではなく汎用およびプログラマブル IC を使用するという点で、ある種の遠隔 GPS ユニットの使用されている他の DSP とは異なる。さらに、DSP 32 は、高速フーリエ変換 (FFT) アルゴリズムの使用を可能にし、これによってローカルに生成した基準と受信信号との間で大量の相関演算を素早く実行することにより、疑似距離を非常に高速に計算することができる。通常、受信した各 GPS 信号のエポックの探索を終了するのに、このような相関が 2046 必要である。高速フーリエ変換アルゴリズムによって、このような位置を全て同時にかつ平行に探索することができ、したがって従来通りのアプローチに対して、必要な計算プロセスが 10 倍から 100 倍高速化できる。

DSP 32 は、視界内衛星のそれぞれに対して疑似距離の計算を終了すると、本発明の一つの実施形態では、相互接続バス 33 を介してこの情報をマイクロプロセッサ 26 に送る。この時点で、マイクロプロセッサ 26 は、適切な制御信号をバッテリーおよび電力調整回路 36 に送ることにより、DSP 32 およびメモリ 46 を再び低電力状態に入れることができる。次に、マイクロプロセッサ 26 はモデム 22 を使用して、最終的な位置計算のために、データ・リンク 16 で疑似距離データを基地局 10 に送る。疑似距離データに加えて、バッファ 46 で最初にデータを収集した時刻からデータ・リンク 16 でデータを送る時刻までに経過した時間を示す時間タグを、基地局 10 に同時に送ることができる。この時間タグは、位置計算を実行する基地局の能力を向上させる。というのは、データの収集時に GPS 衛星位置を計算できるからである。代替方法として、上記の方法 1 により、DSP 32 は遠隔ユニットの位置（例えば緯度、経度または緯度、経度および緯度）を計算し、このデータをマイクロプロセッサ 26 に送ることができ、これは同様にモデム 22 を介してこのデータを基地局 10 に中継する。この場合、位置計算は、DSP が衛星のデータ・メッセージを受信した時刻からバッファのデータ収集が開始した時刻までの経過時間を維持することによって容易になる。これによって、位置計算を実行する遠隔ユニットの能力が向上する。という

のは、

データ収集時にGPS衛星位置を計算できるからである。

第1A図で示すように、モデム22は、一つの実施形態では別のアンテナ24を使用して、データ・リンク16で受信メッセージを送受信する。モデム22は、交互にアンテナ24に結合される通信用受信機および通信用送信機を含むことが理解される。同様に、基地局10は、別のアンテナ14を使用して、データ・リンク・メッセージを送受信することができ、したがって基地局10でGPSアンテナ12を介してGPS信号を連続的に受信することができる。

典型的な例では、DSP32の位置計算は、デジタル・スナップショット・メモリ46に記憶されたデータ量および単数または複数のDSPの速度によって、数秒かからないことが予想される。

以上の検討から、遠隔ユニット20は、基地局10からの位置計算命令が頻繁でなければ、電力消費量の多い回路をわずかな時間しか起動しなくて済むことが明白である。少なくとも多くの状況で、このような命令の結果、遠隔装置が高い電力消耗状態へと起動されるのは、時間のわずかに約1%以内になることが予測される。

次に、これによってバッテリーは、他の場合に可能な長さより100倍長く動作できる。電力管理操作の実行に必要なプログラム命令は、EEPROM28または他の適切な記憶媒体に記憶される。この電力管理戦略は、様々な電力稼働率の状況に適用可能である。例えば、原動機が使用可能な場合、位置の決定は連続的に実施される。

上記で示したように、デジタル・スナップショット・メモリ46は、比較的長い期間に対応するレコードを捕らえる。高速畳み込み法を用いてこの大きなデータのブロックを効率的に処理すると、（例えば建物、樹木などで部分的に妨害されたために受信状態が悪い場合に）低受信レベルの信号を処理する本発明の能力に貢献する。可視GPS衛星の全疑似距離が、同じバッファ済みデータを使用して計算される。これによって、信号の振幅が急速に変化している（都市部の妨害状態のような）状態で、連続的にトラッキングするGPS受信機より性能が改

善される。

第1B図で示したわずかに異なる実現形態は、マイクロプロセッサ26および

その周辺機器（RAM30およびEEPROM28）を不要にし、その機能を、さらに複雑なFPGA（フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ）49内に含まれる追加の回路が肩代わりする。この場合、FPGA49、つまり低電力装置は、相互接続部19を通してモデム22からの起動を感知すると、DSP32aチップを目覚めさせる働きをする。相互接続部19は、モデムをDSP32aおよびFPGA19に連結する。DSPチップ32aは、目覚めると、モデムと直接にデータを送受信する。DSP32aは、バッテリーおよび伝量調整器およびスイッチ36に連結して回路36に電力オン／オフ命令を与える相互接続部18を通じて、電力制御操作も実行する。DSP32aは、第7図に示すような電力管理法により、相互接続部18によって回路36に与えられた電源オン／オフ命令を通して、様々な構成要素の電力を選択的にオンにしたり、低下させたりする。回路36は、このようなコマンドを受信し、様々な構成要素に選択的に電力を供給する（または電力を低下させる）。回路36は、相互接続部17を介してDSP32aを目覚めさせる。回路36は、選択した制御装置の電力線21a、21b、21c、21dおよび21fを通る電力を選択的に切り換えることによって、様々な構成要素に選択的に電力を与える。したがって、たとえば変換器42および変換器44に電力を抵抗するには、線21bおよび21cを通してそれらの変換器に電力を供給する。同様に、モデムへの電力は、制御した電力線21fを通じて供給される。

低周波数結晶発振器47は、メモリおよび電力管理FPGA49に連結される。一つの実施形態では、メモリおよび電力管理FPGA49は、低周波数発振器47を含む低電力タイマを含む。FPGA49のタイマが切れると、FPGA49は相互接続部17を通じてDSP32aに目覚まし信号を送り、次にDSP32aはバッテリーおよび電力調整器および電力スイッチ回路36へ電力オン／オフ命令を与えることにより、他の回路を目覚めさせることができる。他の回路は、位置決め操作する（たとえば疑似距離または緯度および経度などの位置情報を決

定する) ため、回路 3 6 の制御により、制御された電力線 2 1 a、2 1 b、2 1 c、d および 2 1 f を通して電力を供給される。位置決め操作の後、DSP 3 2 A は、第 7 図で示す方法により、FPGA タイマをリセットし、それ自体への電

力を削減し、回路 3 6 も他の構成要素への電力を削減する。単数または複数のバッテリーが、メモリおよび電力管理 FPGA 4 9 および DSP 3 2 a によって制御される制御電力線を通して、全電力制御回路に電力を供給することが予測される。構成要素への電力線 (2 1 b など) を制御することによって電力を直接削減するのではなく、構成要素が消費する電力は、(第 1 B 図の相互接続部 1 7 を介した DSP 3 2 a の場合のように) 構成要素へ信号を送って電力を削減するか、十分な電力になるよう目覚めさせることによって削減できることも予測され、これは往々にして、集積回路などの構成要素が、構成要素の電力状態を制御する入力部を有し、構成要素が電力消費を制御するのに必要な内部論理 (たとえば構成要素の様々な論理ブロックへの電力を削減する論理) を有する場合に可能である。メモリおよび電力管理 FPGA 4 9 は、データが変換器 4 4 からメモリ 4 6 に記憶される時、または DSP 構成要素 3 2 a がメモリ 4 6 からデータを読み取っている時のアドレス操作など、メモリを制御し、管理する。FPGA 4 9 は、必要に応じて、メモリ・リフレッシュなどの他のメモリ機能も制御することができる。

第 1 C 図は、第 1 A 図および第 1 B 図に示した GPS 移動ユニットと同じ構成要素を多く含む GPS 移動ユニットの本発明による別の実施形態を示す。第 1 C 図に示す GPS 移動ユニットは、複数のバッテリー 8 1、さらにオプションの外部電源入力部 8 3 および太陽電池 7 9 からの電力を受けるよう結合される電力調整器 7 7 を含む。電力調整器 7 7 は、第 1 C 図に示す DSP チップ 3 2 a およびメモリおよび電力管理 FPGA 3 9 に管理された制御電力線の制御下で、全回路に電力を供給する。太陽電池 7 9 は、従来通りの充電技術を用いて、これらのバッテリーを充電することができる。太陽電池 7 9 は、バッテリーを充電する以外に、GPS 移動ユニットに電力を供給することもできる。第 1 C 図に示した実施形態では、FPGA 4 9 は相互接続部 7 5 を介して DSP チップ 3 2 a に目覚まし信号

を与える。この信号によってDSPチップは十分な電力状態に復帰し、DSPチップ32aについて説明する様々な機能を実行する。DSPチップは、相互接続部19を介してDSPに直接結合されるモデム22から、外部コマンドを介して十分な電力状態に起動することもできる。

第1C図も、GPS移動ユニットが電力節約のために感度を犠牲にすることが

できる本発明の特徴を示す。本明細書で述べるように、GPS移動ユニットの感度は、メモリ46に記憶した干渉GPS信号の量を増加させることによって向上させることができる。これは、より多くのGPS信号を捕捉してデジタル化し、このデータをメモリ46に記憶することによって実施する。このようにバッファリングを多くすると電力消費量が増加するが、GPS移動ユニットの感度も向上させる。このように感度を上げたモードは、GPSユニットの電力モード・スイッチ85で選択することができ、これはバス19に結合されてDSPチップ32aにコマンドを与え、高感度モードにする。あるいは、この電力モード・スイッチ85は、DSP32aチップにコマンドを送り、GPS信号の捕捉スナップショットを小さくし、それによってメモリ46に記憶するGPS信号の量を少なくすることによって、電力記憶量を増加させ、感度を下げようようにすることもできる。この電力モードの選択は、基地局からモデム22へ送信した信号で行われ、次にモデムが相互接続部19を介してDSPチップ32aにこのコマンドを通信することもできることが理解される。

移動GPSユニットのRF/IF周波数変換器およびデジタル化システムの代表的な例を、第2A図に示す。1575.42MHzの入力信号が、帯域制限フィルタ(BPF)50および低ノイズ増幅器(LNA)52を通過し、周波数変換ステージに送られる。このステージで使用される局部発振器(LO)56は、(PLL58を介して)2.048MHz(またはその高調波)の温度補正済み水晶発振器(TCXO)60に位相ロックされる。好ましい実施形態では、LOの周波数は1531.392MHzで、これは $2991 \times 0.512 \text{ MHz}$ である。その結果生じるIF信号は、ここで44.028MHzを中心とする。このIFが望ましいのは、44MHz付近で低価格の構成要素が入手できるからで

ある。特に、テレビ用途に豊富に使用されている表面弾性波フィルタ（SAW）は容易に入手することができる。言うまでもなく、SAW装置の代わりに他の帯域制限装置を使用することができる。

受信したGPS信号は、ミキサー54でLO信号と混合され、IF信号を生成する。このIF信号は、2MHzの帯域まで精密帯域制限するためSAWフィルタ64を通過し、次にI/Q通減器68に送られ、これが信号を近ベースバンド

（通常は4kHz中心の周波数）に変換する。この通減器68の局部発振器の周波数は、1.024MHzの43番目の高調波、つまり44.032MHzの形で2.048MHzのTCXO60から得られる。

I/Q通減器68は、通常はRF構成要素として市販されている。これは通常、2つのミキサーとローパス・フィルタで構成される。このような場合、一方のミキサーの入力ポートにはIF信号およびLO信号が供給され、他方のミキサーの入力ポートには同じIF信号および90°位相をシフトしたLO信号が供給される。2つのミキサーの出力にはローパス・フィルタがかけられ、フィードスルーや他の歪み生成物を除去する。

第2A図で示すように、必要に応じて、帯域制限操作の前後に増幅器62および66を使用することができる。

I/Q通減器68の2つの出力は、信号を2.048MHzでサンプリングする2つの整合A/D変換器44に送られる。代替実現形態は、A/D変換器44を比較器（図示せず）と交換するが、これはそれぞれ着信信号の極性に従って2価値（1ビット）系列のデータを出力する。このアプローチは、マルチレベルA/D変換器に対して受信機の感度が約1.96dB失われる結果となることが、よく知られている。しかし、比較器を使用すると、A/D変換器に対して大幅に費用が節約でき、さらにその後のスナップショット・メモリ46でのメモリ要件が軽減される。

通減器およびA/Dシステムの代替実現形態を第2B図に示す。これは帯域サンプリング法を使用する。使用するTCXO70は、周波数が4.096MHz（またはその高調波）である。TCXOの出力は、A/D変換器44（または比

較器) へのサンプル・クロックとして使用することができ、これは信号を1. 0 2 8MHzに変換する働きをする。この周波数は、4. 0 9 6MHzの第11高調波と44. 0 2 8MHzという入力IF周波数との差である。その結果として生じる1. 0 2 8MHzのIFは、サンプル率の約4分の1であり、これはサンプリング・タイプの歪みを最小にするのにほぼ理想的であることが知られている。第2A図のI/Qサンプリングと比較すると、この信号サンプリングは、2チャンネルではなく1チャンネルのデータを与えるが、速度は2倍である。また、データ

は1. 0 2 8MHzというIFで効果的である。次に、ほぼ0MHzへのI/Q周波数変換が、下記の後続の処理でデジタル手段により実現される。第2A図および第2B図の装置は、費用および複雑さは同等で、構成要素の入手しやすさが好ましいアプローチを決めることが多い。しかし当業者には、同様の結果を得るために他の受信機の構成を使用できることが明白である。

以下の検討を単純にするために、以下では、第2A図のI/Qサンプリングを使用し、スナップショット・メモリ46は2. 0 4 8MHzの2チャンネルのデジタル化データを含むものとする。

DSP32で実行される信号処理の詳細は、第3図の流れ図および第4A図、第4B図、第4C図、第4D図および第4E図の図の助けを借りて理解することができる。当業者には、下記の信号処理を実行するためのマシン・コードまたは他の適切なコードがEPROM34に記憶されていることが明白である。他の非揮発性記憶装置を使用することもできる。処理の目的は、ローカルに生成した波形に対する受信波形のタイミングを決定することである。さらに、高感度を達成するために、このような波形の非常に長い部分、通常は1ミリ秒ないし1秒を処理する。

処理を理解するために、まず、受信した各GPS信号(C/Aモード)は、通常は「チップ」と呼ばれる、1023個の記号でできた高速(1MHz)反復疑似乱数(PN)パターンで構成されることが分かる。この「チップ」は第4A図に示す波形に似ている。このパターンにはさらに、50ボーで衛星から送信され

た低率データが加えられる。このデータはすべて、2 MHz の帯域で測定した状態で、非常に低い S/N 比で受信される。搬送波の周波数およびすべてのデータ転送率が、非常に精度が高く、データがないことが分かったら、S/N 比を大幅に改善し、互いに連続するフレームを加えることにより、データを大幅に減少させることができた。たとえば、1 秒の期間に 1000 の PN フレームがある。最初のこのようなフレームを、次のフレームに一貫して追加し、結果を第 3 フレームに追加し、以下同様にすることができた。その結果、継続時間が 1023 チップの信号となる。これで、このシーケンスの位相をローカル基準シーケンスと比較し、2 つの間の相対的時間を決定して、いわゆる疑似距離を確立することがで

きた。

上記のプロセスは、スナップショット・メモリ 46 に記憶された受信データの同じセットから、視界内の各衛星について別個に実施しなければならない。というのは、概して異なる衛星からの GPS 信号はドップラー周波数が異なり、PN パターンが互いに異なるからである。

信号ドップラーの不確実さのために搬送波の周波数が 5 kHz 以上で不明になり、受信機の局部発振器の不確実さのためにこの量が追加されるので、上記のプロセスは困難になる。このドップラーの不確実さは、本発明の一つの実施形態では、視界内の衛星からの全 GPS 信号を同時にモニタする基地局 10 から、このような情報を送ることによって取り除かれる。したがって、ドップラー探索は遠隔ユニット 20 では回避される。局部発振器の不確実さも、第 6 図に示すように、遠隔通信信号へのベースを使用して AFC 操作を実行することにより、（恐らく 50 Hz まで）大幅に削減される。

GPS 信号に重ねた 50 ボーのデータが存在することで、20 ミリ秒の期間を超える PN フレームの一貫した加算がなお制限される。つまり、データ符号の反転でさらなる処理利得が妨げられるまでに、最大 20 のフレームを一貫して追加することができる。以下のパラグラフで詳述するように、フレームの整合フィルタリングおよび絶対値（または絶対値の平方）の加算によって、追加の処理利得を達成することができる。

第3図の流れ図は、ステップ100から開始し、基地局10からのコマンドでGPSの処理操作を初期化する（第3図では「固定コマンド」と呼ぶ）。このコマンドは、通信リンク16を介して視界内の各衛星のドップラー・シフトおよびその衛星のIDとを送ることを含む。ステップ102で、遠隔ユニット20は基地局10から送信された信号への周波数ロックによって、局部発振器のドリフトを計算する。代替法は、遠隔ユニットに非常に良質の温度補正水晶発振器を使用することである。例えば、デジタル制御のTCXO、いわゆるDCXOは現在、約0.1/百万の精度、つまりL1のGPS信号に約150Hzの誤差を達成することができる。

ステップ104では、遠隔ユニットのマイクロプロセッサ26は、受信機のフ

ロントエンド42、アナログ/デジタル変換器44およびデジタル・スナップショット・メモリ46への電源を投入し、C/AコードのPNフレームK個の継続時間だけデータのスナップショットを収集し、ここでKは通常100ないし1000（100ミリ秒から1秒の継続時間に相当）である。十分な量のデータが収集されたら、マイクロプロセッサ26はRF/IF変換器42およびA/D変換器44の電源を切る。

各衛星の疑似距離は、以下のように計算される。まず、ステップ106では、処理すべき任意のGPS衛星信号について、対応する疑似乱数コード（PN）コードをEPROM34から検索する。手短に検討するように、好ましいPN記憶フォーマットは、実際はこのPNコードのフーリエ変換を、1023PNビットあたりサンプル2048個の率でサンプリングしたものである。

スナップショット・メモリ46のデータは、N個の連続するPNフレームのブロック、つまり2048N個の複雑なサンプルのブロックで処理される（Nは通常は5ないし10の範囲の整数である）。第3図の底部のループ（ステップ108～124）で示すように、各ブロックで同様の操作を実行する。つまり、このループを、処理すべきGPS信号ごとに合計K/N回、実行する。

ステップ108では、2048N個のデータ・ワードのブロックに、信号搬送波のドップラー効果と、受信機の局部発振器のドリフト効果とを取り除く複素指

数を掛ける。例証するために、基地局10から送信されるドップラー周波数と、 f eHzに対応する局部発振器のオフセットとを想定してみる。データを予め通倍すると、関数 $e^{-j2\pi f_0 n^T}$, $n = [0, 1, 2, \dots, 2048N-1] + (B-1) \times 2048N$ の形をとり、ここで $T = 1/2.048$ MHz はサンプリング期間で、ブロック数 B は1ないし K/N の範囲である。

次に、ステップ110では、ブロック内のデータの隣接するフレーム N 個（通常は10個）のグループを互いに加算する。つまり、サンプル0、2048、4096、 \dots 2048($N-1$)を互いに加算し、次に1、2049、4097、 \dots 2048($N-1$)を互いに加算し、以下同様とする。この時点で、ブロックは2048個しか複素サンプルを含まない。このような加算演算によって生成した波形の例を、PNフレーム4個の場合で第4B図に示す。この加算演

算は、高速畳み込み演算に先立つ前処理演算と見なすことができる。

次に、ステップ112～118で、平均化したフレームはそれぞれ、整合フィルタリング操作を受けるが、その目的はデータのブロック内に含まれる受信PNコードとローカルに生成したPN基準信号との間に相対的時間を決定することである。同時に、サンプリング時間に対するドップラー効果も補正される。これらの演算は通常、一つの実施形態では、本明細書で述べるように、巡回畳み込みを実行する方法で用いた高速フーリエ変換アルゴリズムなど、高速畳み込み演算を使用することにより、大幅に高速化される。

話を単純にするために、上記のドップラー補正は最初は無視される。

実行される基本的動作は、処理されるブロックのデータ（2048個の複素数サンプル）を、ローカルに記憶される同様の基準PNブロックと比較することである。比較は実際には、データ・ブロックの各エレメントに対応する基準エレメントを（複素数で）掛けて、結果を合計することによって実行される。この比較を「相関」と呼ぶ。しかし、個々の相関はデータ・ブロックのある特定の開始時間にしか実行せず、よりよく整合のとれそうな可能な位置が2048ある。すべての可能な開始位置の全相関動作のセットを、「整合フィルタリング」操作と呼ぶ。好ましい実施形態では、完全な整合フィルタリング操作が必要である。

PNブロックの他の時間は、PN基準を循環シフトし、同じ操作を実行することによって試験することができる。つまり、PNコードを $p(0)$ 、 $p(1)$ ・ \dots ・ $p(2047)$ とすると、サンプル1個による循環シフトは $p(1)p(2)\dots p(2047)p(0)$ となる。この変形シーケンスは、データ・ブロックがサンプル $p(1)$ で開始するPN信号を含むか、試験して決定する。同様に、データ・ブロックはサンプル $p(2)$ 、 $p(3)$ 等で開始でき、それぞれは基準PNを循環シフトし、試験を再実行することによって試験される。完全な試験のセットは $2048 \times 2048 = 4,194,304$ の動作が必要で、それぞれが複素数の乗法と加算法とを必要とすることが明白である。

高速フーリエ変換(FFT)を使用して、より効率的で数学的に同等の方法を使用することができ、これは約 12×2048 の複素数乗法と2倍の加算数を必要とするだけである。この方法では、ステップ112でデータ・ブロックに対し

てFFTが行われ、かつPNブロックに対してFFTが行われる。データ・ブロックのFFTは、ステップ114で基準のFFTの複素共役行列を掛け、その結果をステップ118で逆フーリエ変換する。このようにして得られた結果としてのデータは、長さ2048で、あらゆる可能な位置のデータ・ブロックおよびPNブロックの相関のセットを含む。順方向または逆のFFT演算はそれぞれ、 $P/2 - 1 \log_2 P$ の演算を必要とし、ここで P は送るデータのサイズである(基数を2とするFFTアルゴリズムを使用するものとする)。問題のケースの場合、 $B=2048$ なので、各FFTには 11×1024 の複素数乗法が必要である。しかし、好ましい実施形態の場合のように、PNシーケンスのFFTをEPROM34に予め記憶しておくと、フィルタリング・プロセス中にFFTを計算する必要がない。複素数の合計を順方向FFT、逆FFTについて掛け、FFTの積は $(2 \times 11 \div 2) \times 1024 = 24576$ となり、これは直接的な相関に対して171倍の節約になる。第4C図は、この整合フィルタリング演算で生成した波形を示す。

本発明の好ましい方法は、データのサンプル2048個がチップ1023個のPN期間に採取されるようなサンプル率を使用する。これによって、長さ204

8のFFTアルゴリズムを使用することができる。べき数2または4のFFTアルゴリズムは他のサイズ（および $2048 = 2^{11}$ ）より通常ははるかに効率的であることが分かっている。したがって、このようにして選択したサンプリング率は、処理速度を大幅に改善する。適切な循環畳み込みが達成できるよう、FFTのサンプル数は、一つのPNフレームのサンプル数に等しいことが好ましい。つまり、上述したように、この状態によって、データ・ブロックをPNコードのすべての循環シフト・バージョンと突き合わせて試験することができる。FFTのサイズを、一つのPNフレームの長さとは異なるサンプル数にまたがるよう選択する場合は、当技術分野で「オーバーラップ・セーブ」または「オーバーラップ加算」として知られる代替方法のセットを使用することができる。このアプローチには、好ましい実現形態について上述したアプローチより、約2倍の計算が必要である。

当業者には、様々なサイズおよび様々なサンプル率の様々なFFTアルゴリズム

を使用して上記のプロセスを修正し、高速畳み込み演算を行う方法が明らかである。また、必要な計算の数が、直接的な相関に必要な B^2 ではなく $B \log_2 B$ に比例する特性も有する高速畳み込みアルゴリズムのセットが存在する。このようなアルゴリズムの多くは、標準的な参考文献、たとえばH. J. Nussbaumerの「Fast Fourier Transform and Convolution Algorithms」(New York, Springer-Verlag, C1982)に列挙されている。このようなアルゴリズムの重要な例は、Agarwal-Coolleyのアルゴリズム、分割入れ子アルゴリズム、再帰的な多項式入れ子アルゴリズム、およびWinogradフーリエ・アルゴリズムであり、最初の3つは畳み込みに、後者はフーリエ変換の実行に使用する。これらのアルゴリズムを、上述した好ましい方法の代わりに使用してもよい。

次に、ステップ116で使用する時間ドップラー補正法について説明する。好ましい実現形態では、受信GPS信号へのドップラー効果および局部発振器の不安定さのため、使用するサンプル率は、PNフレームにつきサンプル2048個

という数字に正確に対応しなくてもよい。たとえば、ドップラー・シフトは ± 2700 ナノ秒/秒という遅延誤差を生じることが知られている。この効果を補正するために、上記のように処理したデータのブロックは、この誤差を補正するために時間をシフトする必要がある。一例として、処理するブロックのサイズがPNフレーム5個（5ミリ秒）に相当する場合は、ブロックごとの時間シフトは ± 13.5 ナノ秒にもなり得る。局部発振器の不安定さによる時間シフトはこれより小さい。これらのシフトは、単一のブロックに必要な時間シフトの倍数で、連続するデータのブロックを時間シフトさせることにより補正することができる。つまり、ブロック当たりのドップラー時間シフトが d の場合、ブロックは nd （ $n=0, 1, 2, \dots$ ）だけ時間シフトされる。

概して、これらの時間シフトはサンプルの断片である。デジタル信号処理法を使用してこれらの演算を直接実行すると、非整数の信号補間法を使用することになり、計算の負担が大きくなる。代替アプローチ、つまり本発明の好ましい方法は、高速フーリエ変換の関数に処理を組み込む。 d 秒の時間シフトは、ある関

数のフーリエ変換に $e^{-j2\pi fd}$ を掛けた値に等しいことがよく知られており、ここで f は周波数の変数である。したがって、時間シフトは、データ・ブロックのFFTに $e^{-j2\pi nd/T_f}$ （ $n=0, 1, 2, \dots, 1023$ ）および $e^{-j2\pi (n-2048)d/T_f}$ （ $n=1024, 1025, \dots, 2047$ ）を掛けることによって達成され、ここで T_f はPNフレームの継続時間（1ミリ秒）である。この補正は、FFT処理に伴う処理時間を約8%しか増加させない。補正は、0Hzにわたる位相補正の連続性を保証するため、2つの半分に分割される。

整合フィルタリング演算が終了したら、ブロックの複素数の絶対値、または絶対値の平方をステップ120で計算する。いずれの選択肢でもほぼ同様に働く。この演算は、（第4D図に示すような）50Hzのデータ位相の反転、および残っている低周波数搬送波の誤差を取り除く。次に、サンプル2048個のブロックをステップ122で処理された前のブロックの合計に加算する。ステップ122は、ステップ112～118で行った高速畳み込み演算に続く後処理演算と見なすことができる。これは、ステップ124の決定ブロックで示すように、すべ

でのK/Nブロックが処理されるまで続き、ここでサンプル2048個の1ブロックが残り、これで疑似距離を計算する。第4E図は加算演算の後の結果となる波形を示す。

疑似距離の決定はステップ126で行う。ローカルで計算したノイズ・レベルより上でピークを探索する。このようなピークを発見したら、ブロックの開始時刻に対するその発生時刻が、特定のPNコードおよび付随のGPS衛星に伴う疑似距離を表す。

ステップ126で補間ルーチンを使用し、サンプル率(2.048MHz)に伴う精度よりはるかに大きい精度までピークの位置を探す。補間ルーチンは、遠隔受信機20のRF/IF部分に使用した前の帯域フィルタリングによって決まる。良質のフィルタは、底辺の幅がサンプル4個に等しいほぼ三角形のピークをもたらす。この状態で、(DCベースラインを除去するため)平均振幅を引いた後、最も大きい2つの振幅を使用して、ピーク位置をより精密に決定することができる。サンプル振幅を A_p および A_{p+1} とし、ここで $A_p \geq A_{p+1}$ で、一般性の損失がなく、 p がピーク振幅の指標とする。これで、 A_p に対応する位置に対

するピークの位置は、ピーク位置 $= p + A_p / (A_p + A_{p+1})$ という式で得られる。たとえば、 $A_p = A_{p+1}$ とすると、ピーク位置は $p + 0.5$ である、つまり2つのサンプルの指標の間であることが分かる。場合によっては、帯域フィルタリングがピークをまるめることができ、3ポイントの多項式補間の方が適切である。

以上の処理では、閾値決定に使用するローカル・ノイズ基準は、このような最大ピークをいくつか除去した後に平均化した最終ブロックの全データを平均することによって計算することができる。

疑似距離が分かったら、衛星を全て処理するまで、ステップ128で、視界内にある次の衛星について同様の方法で処理を続行する。全衛星の処理が終了したら、プロセスはステップ130に続き、疑似距離データを通信リンク16を介して基地局10に送り、ここで遠隔ユニットの最終位置計算が実行される(方法3を使用するものとする)。最後にステップ132で、遠隔ユニット20の回路の

大部分を低電力状態にし、別の位置決め操作を実行するという新しいコマンドを待つ。

次に、上述し第3図で図示した信号処理について概略する。遠隔GPSユニット上のアンテナを使用して、視界内の単数または複数のGPS衛星からのGPS信号を遠隔GPSユニットで受信する。この信号をデジタル化し、遠隔GPSユニットのバッファに記憶する。この信号を記憶した後、プロセッサは前処理、高速畳み込み処理、および後処理操作を実行する。これらの処理操作は以下のことを伴う。

a) 記憶したデータを、GPS信号に含まれる疑似乱数(PN)コードのフレーム期間の倍数と継続時間を等しくする一連の隣接ブロックに分割する。

b) 各ブロックで、データの連続するサブブロックを一貫して加算することにより、疑似乱数コード期間の継続時間に等しい長さを有するデータの圧縮ブロックを生成する前処理ステップを実行する。サブブロックの継続時間は1PNフレームに等しい。この加算ステップは、各サブブロックの対応するサンプル数を互いに加算することである。

c) 圧縮ブロックごとに、整合フィルタリング演算を実行する。これは高速畳

み込み技術を用いて、データのブロック内に含まれる受信PNコードとローカルで生成したPN基準信号(たとえば処理しているGPS衛星の疑似乱数シーケンス)との間の相対的タイミングを決定する。

d) 前記整合フィルタリング演算で生成した積で絶対値平方演算を実行して疑似距離を決定し、絶対値平方データのブロックを互いに加算してピークを生成し、全ブロックの絶対値平方データを単一ブロックのデータにまとめることにより後処理する。

e) デジタル補完法を用いて高精度で前記単一ブロックのデータのピーク位置を探す。ここで、その位置はデータ・ブロックの開始から前記ピークまでの距離で、位置は処理中の疑似乱数シーケンスに対応するGPS衛星の疑似距離を表す。

通常、バッファしたGPS信号の処理に使用する高速畳み込み技術は、高速フ

ーリエ変換 (FFT) で、畳み込みの結果は圧縮ブロックの順方向変換の積と予め記憶した疑似乱数シーケンスの順方向変換の表現とを計算し、第1結果を生成し、次に第1結果の逆変換を実行して結果を回収することによって生成する。また、ドップラーによって誘発された時間遅延および局部発振器によって誘発された時間誤差の影響は、圧縮ブロックの前方向FFTと、ブロックに必要な遅延補正に対応するようサンプル数に対する位相が調整された複素指数関数との乗法を、前方向と逆高速フーリエ変換演算との間に挿入することにより、データの各圧縮ブロックごとに補正される。

以上の実施形態では、各衛星からのGPS信号の処理は、並列ではなく、時間の経過とともに順番に発生しする。代替実施形態では、視界内の全衛星のGPS信号を、時間的に並列にまとめて処理することができる。

基地局10は、対象となる全衛星に対して共通の視野を有し、C/A PNコードの反復期間に伴う曖昧さを避けるために、遠隔ユニット20と十分に近い距離にあるものとする。90マイルの距離であればこの基準を満足する。基地局10はまた、GPS受信機を有し、視界にある全衛星を高精度で連続的にトラッキングするような良好な地理的位置にあるものとする。

記載された基地局10の幾つかの実施形態は、移動GPSユニットの緯度およ

び経度のような位置情報を計算するための基地局のコンピュータなど、データ処理構成要素を使用するが、各基地局10は、単に、移動GPSユニットからの疑似距離などの受信情報を、実際に緯度および経度を計算する単数または複数の中心位置に中継するだけでもよい。この方法で、各中継基地局からデータ処理ユニットおよびそれに関連する構成要素を除去することにより、これら中継基地局の費用および複雑さを軽減することができる。中心位置は、受信機（例えば遠隔通信受信機）およびデータ処理ユニットおよび関連の構成要素を含むことになる。さらに、特定の実施形態では、基地局は、遠隔ユニットにドップラー情報を送る衛星でよく、これによって送信セル中の基地局をエミュレートするという点で仮想的でよい。

第5A図および第5B図は、本発明による基地局の2つの実施形態を示す。第

5A図に示す基地局では、GPS受信機501がGPSアンテナ501aを通してGPS信号を受信する。GPS受信機501は、従来通りのGPS受信機でよく、通常はGPS信号に対して計時した計時基準信号を提供し、視界内の衛星に対するドップラー情報も提供する。GPS受信機501は、時刻基準信号510を受信してこの基準に位相ロックする調整された局部発振器505に結合される。この調整された局部発振器505はモジュレータ506へと出力する。モジュレータ506は、GPS移動ユニットの視界内にある各衛星からのドップラー・データ情報信号や他の衛星データ情報信号511も受信する。モジュレータ506は、送信機503に変調信号513を与えるため、調整された局部発振器505から受信した局部発振器信号でドップラー情報や他の衛星データ情報を変調する。送信機503は相互接続部514を介してデータ処理ユニット502に接続されている。データ処理ユニットは、ドップラー情報などの衛星データ情報を送信機のアンテナ503aを介してGPS移動ユニットに送信させるように送信機503の動作を制御する。この方法で、GPS移動ユニットはドップラー情報を受信することができ、その発生源はGPS受信機501で、第6図に示すように、GPS移動ユニットの局部発振器の較正に使用することができる、高精度の局部発振器搬送波信号も受信する。

第5A図に示したような基地局は、通信アンテナ504aを介して遠隔または

GPS移動ユニットからの通信信号を受信するよう接続された受信機504も含む。アンテナ504aは、1本のアンテナが従来通りの方法で送信機と受信機との両方の働きをするという点で、送信機のアンテナ503aと同じアンテナであることが理解される。受信機504は、データ処理ユニット502に接続される。処理ユニットは従来通りのコンピュータ・システムでよい。処理ユニット502は、GPS受信機511からドップラー情報や他の衛星データ情報を受信する内部接続部512も含む。この情報は、受信機504を介して移動ユニットから受信した疑似距離情報や他の情報の処理に使用することができる。このデータ処理ユニット502は、従来通りのCRTなどのディスプレイ装置508に接続される。データ処理ユニット502は、ディスプレイ508に地図を表示するのに

使用するGIS（地理情報システム）ソフトウェア（例えばカリフォルニア州Santa ClaraのStrategic Mapping, Inc. によるAtlas GIS）を含む大量記憶装置507にも接続される。ディスプレイの地図を使用して、ディスプレイ上で表示された地図に対する移動GPSの位置をディスプレイ上に表示することができる。

第5B図に示す代替基地局は、第5A図と同じ構成要素を多く含む。しかし、ドップラー情報や他の衛星データ情報をGPS受信機から獲得するのではなく、第5B図の基地局は、従来通りに遠隔通信リンクや無線リンクから獲得したドップラー情報や他の衛星データ情報552の発生源を含む。このドップラー情報や衛星情報は、相互接続部553を通してモジュレータ506に伝達される。第5B図に示すモジュレータ506の他の入力、セシウム基準局発振器などの基準品質の局発振器から得た発振器出力信号である。この基準局発振器551は、ドップラー情報や他の衛星データ情報を変調する精密な搬送波周波数を供給する。この情報は送信機503を介して移動GPSユニットに送信される。

第6図は、第1A図のアンテナ24と同様の通信チャンネル・アンテナ601を通して受信した精密な搬送波周波数信号を使用する、本発明のGPS移動ユニットの実施形態を示す。アンテナ601は第1A図のモデム22に似ているモデム602に接続される。このモデム602は、本発明の一つの実施形態により本明細書で述べる基地局から送られた精密な搬送波周波数信号にロックされた自動

周波数制御回路603に接続される。自動周波数制御回路603は出力604を与える。これは通常、精密搬送波周波数の周波数にロックされている。比較器605で、この信号604を、相互接続部608を介したGPS局発振器606の出力と比較する。比較器605が実行した比較の結果は、周波数合成器609に与えられる誤差補正信号610である。この方法で、周波数合成器609は、相互接続部612を通してGPS通減器614へ、より高品質で較正された局発振信号を供給する。相互接続部612に供給される信号は、第1A図の相互接続部39によって変換器42に与えられた局発振器信号と同様であり、また変換器42はGPSアンテナ613に接続してGPS信号を受信するGPS通減器6

14と同様である。代替実施形態では、比較器605が実行する比較の結果は、誤差補正として相互接続部610aを介して第1A図に示すDSPチップ32と同様なDSP構成要素620に出力される。この場合、周波数合成器609には誤差補正信号610が供給されない。自動周波数制御回路は、位相ロック・ループまたは周波数ロック・ループまたはブロック位相推定器など、従来通りの幾つかの技術を使用して実行することができる。

第7図は、本発明の一つの実施形態による特定の電力管理シーケンスを示す。電力を低減するには、当技術分野で多くの方法が知られていることが理解される。それには、計時した同期構成要素に与えられる時間を遅くしたり、特定の構成要素への電力を完全に遮断するか、構成要素の特定の回路を切つて残りを切らないようにすることなどがある。例えば、位相ロック・ループおよび発振器回路は、始動および安定化の時間が必要であり、したがって設計者はこれらの構成要素の電源を完全には（または全く）切らないよう決定できることが理解される。第7図に示す例は、システムの様々な構成要素を初期化し、低電力状態にするステップ701で始まる。周期的に、あるいは所定の時間の後、モデム22の通信用受信機はフル・パワー状態に復帰し、基地局10からコマンドが送信されていないか判断する。これはステップ703で発生する。ステップ705で、ベース・ユニットからの位置情報を求める要求が受信されたら、モデム22はステップ707で電力管理回路に警告する。この時点で、モデム22の通信用受信機は、所定の時間だけ電源を切るか、電源を切ってから後で再び周期的に電源を入れるが、

これをステップ709として示す。通信受信機は、この時点では電源を切らずに、フル・パワー状態に維持することができる。次にステップ711で、電力管理回路は、変換器42およびアナログ／デジタル変換器44の電力を上げることにより、移動ユニットのGPS受信機部分をフル・パワー状態に戻す。周波数発振器38も電源断であれば、この構成要素はこの時点で電源投入し、フル・パワー状態に戻り、時間をかけて安定化する。次にステップ713で、構成要素38、42および44を含むGPS受信機が、GPS信号を受信する。このGPS信

号は、GPS受信機がステップ711でフル・パワー状態に戻った時に同様にフル・パワー状態に戻ったメモリ46内でバッファされる。スナップショット情報の収集が終了すると、GPS受信機はステップ717で低電力状態に戻る。これは通常、変換器42および44の電力が低下し、メモリ46はフル・パワー状態を維持する。次にステップ719で、処理システムがフル・パワー状態に戻るが、一つの実施形態では、DSPチップ32にもフル・パワーを供給することになる。しかし、DSPチップ32に、第1C図に示す実施形態の場合のように電力管理機能がある場合は、DSPチップ32aは通常はステップ707でフル・パワー状態に戻ることが理解される。マイクロプロセッサ26が電力管理機能を実行する第1A図で示す実施形態では、DSPチップ32のような処理システムは、ステップ719でフル・パワー状態に戻ってもよい。ステップ721で、GPS信号は、第3図に示すように、本発明の方法により処理される。次に、GPS信号の処理が終了したら、処理システムは、(上述したように処理システムが電力管理機能も制御していない限り)ステップ23で示すように低電力状態になる。次にステップ725で、モデム22の通信用送信機が、ステップ727で処理済みGPS信号を基地局10に送り返すために、フル・パワー状態に戻る。疑似距離情報または緯度および経度情報などの処理済みGPS信号の送信が終了すると、通信用送信機はステップ729で低電力状態に戻り、電力管理システムは、ステップ731で所定のような期間だけ遅延を待つ。この遅延の後、モデム22の通信用受信機は、基地局から要求が送信されているか判断するために、フル・パワー状態に戻る。

本発明の方法および装置について、GPS衛星を参照しながら説明してきたが、

教示はスードライト (psuedolite) または衛星とスードライトとの組合せを使用する位置決めシステムにも同様に適用できることが理解される。スードライトとは、GPSの時間とほぼ同期された、L帯域搬送波信号で変調されたPNコード (GPS信号に類似) を放送する地上ベースの送信機である。各送信機は、遠隔受信機が特定できるよう、一意のPNコードが割り当てられる。スードライトは

、トンネル、鉱山、建物またはその他の封鎖された区域など、軌道衛星からのGPS信号が利用できない状況で有用である。「衛星」という用語は、本明細書では、スードライトまたはスードライトの同等品を含み、GPS信号という用語は、本明細書ではスードライトまたはスードライトの同等品からのGPSのような信号を含むものとする。

以上の検討では、本発明を米国全世界測位衛星（GPS）システムでの用途を参照しながら説明してきた。しかし、これらの方法は同様の衛星測位システム、および特にロシアのGlonassシステムにも同様に適用できることは明白である。Glonassシステムは、主に、異なる疑似乱数コードを使用するのではなくわずかに異なる搬送波周波数を使用することにより、異なる衛星からの放射を互いに識別するという点で、GPSシステムとは異なる。この状態では、上記のほぼ全ての回路およびアルゴリズムを適用することができるが、ただし新しい衛星の放射を処理する場合は、異なる指数乗数を使用してデータを前処理する。この操作は、追加の処理演算を必要とせずに、第3図のボックス108のドップラー補正演算と組み合わせることができる。この状況では1つのPNコードしか必要ではなく、したがってブロック106が省略される。本明細書では「GPS」という用語は、ロシアのGlonassシステムなど、このような代替衛星測位システムを含む。

第1A図、第1B図および第1C図はデジタル信号を処理する複数の論理ブロック（例えば第1A図の46、32、34、26、30、28）を示すが、このブロックの幾つかまたは全部を単一の集積回路に統合しながら、このような回路のDSP部分のプログラム可能な性質は残せることを理解されたい。このような実現形態は、非常に低電力で価格が問題になる用途には重要である。

また、第3図の動作の一つまたは幾つかは、全体的な処理速度を向上させるた

めに、DSPプロセッサのプログラム可能な性質を維持しながら、物理的に組み込まれた論理で実行できることを理解されたい。例えば、ブロック108のドップラー補正能力は、デジタル・スナッチショット・メモリ46とDSP IC 32との間に配置できる専用のハードウェアで実行することができる。第3図の

その他の全てのソフトウェア機能は、このような場合、DSPプロセッサで実行してもよい。また、1つの遠隔ユニットに幾つかのDSPを一緒に使用して、処理電力を大きくしてもよい。また、GPSデータ信号のフレームの複数セットを収集（サンプリング）して、第3図に示すように各セットを処理しながら、各フレーム・セットの収集間の時間を考える。

本発明の実施形態の一例であり、本明細書で述べた方法およびアルゴリズムの演算を検証し、さらにこの方法およびアルゴリズムを使用することによって可能な感度の改善を示すデモンストレーション・システムを構築した。デモンストレーション・システムは、GEC Plessey SemiconductorからのGPSアンテナおよびRF通減器で構成され、Gage Applied Sciences, Inc. のディジタイザ・バッファ・ボードが続く。アンテナおよび通減器は、第1A図の機能38、40、42および44を実行し、ディジタイザ・バッファは第1A図の機能44、46および48を実行する。信号処理は、ウィンドウズ95のオペレーティング・システムで動作するペンティアム・マイクロプロセッサを使用するIBM PC互換システムで実行した。これは、DSPチップ32およびメモリ周辺機器34の機能をエミュレートした。視界内の衛星のドップラー情報は、信号処理ルーチンへの入力として信号処理ソフトウェアに供給され、モデムおよびマイクロプロセッサ22、24、25、26の機能をエミュレートした。

このデモンストレーション・システムのアルゴリズムは、MATLABプログラミング言語を使用して開発した。様々な妨害状況で獲得した生のGPS信号で、多数の試験を実施した。その試験により、デモンストレーション・システムの感度性能が、同時に試験した幾つかの商用GPS受信機より非常に優れていることが検証された。付録Aは、この試験に使用したMATLABマシン・コードの詳細なリストを提供し、本発明の高速畳み込み演算の一例（例えば第3図）である。

以上の明細書で、本発明について特定の例証的な実施形態を参照しながら説明してきた。しかし、添付の請求の範囲で述べる本発明の幅広い精神および範囲が

ら逸脱することなく、様々な修正および変更ができることは明白である。したがって、明細書および図面類は、限定的な意味ではなく例示と見なすものとする。

APPENDIX A

```
function [sv,prange,sarin,srout,svdoppler,outdata]=
    gps(filename,srate,codes,doppler, no_pred,samplerange)
%
%function
%[sv,prange,sarin,srout,svdoppler,outdata]=gps(filename,srate,codes,doppler,
%no_pred,samplerange)
%
% N. Krasner Feb. 20, 1996.
% ©Precision Tracking, Inc., San Jose, CA. 95117
%
%This function processes digitized data and provides pseudoranges as outputs
%together with other statistical quantities, as described below.
%
%Data to be processed is stored in a file named 'filename'.
%
%This function works on data from Gage digitizer at either sample rate
%1X2.048 MHz (if srate==0) or at sample rate 6X2.048 MHz (if srate==1).
%where it is assumed that IF is 35.42 -(1400/45)=4.308889 MHz.
%The following are definitions of inputs and outputs of the routine:
%
%Codes are the SV numbers; if codes=0, then all codes will be used;
%
%Doppler = [doppler(1) doppler(2) ... doppler(n) span], specifies the mean
%doppler of each of the n satellite plus a span to be searched over; if span
%is missing or=0, then search is only done at the specified dopplers.
%An algorithm is used to select the quantization size of doppler steps.
%In some cases even if span is nonzero, only one doppler frequency per
%satellite will be used. The search range is span relative to each doppler.
%
%no_pred is number of predetection frames
%
%All data in the file is processed if samplerange is deleted. However, if
%it is present it is two value and has the notation:
% samplerange=[lower_index, upper_index];
%If these indices are not within range of that provided in the gage file,
%then an error message is provided.
%
%Defaults are: if doppler has only one value, then doppler_span will be zero
% if no_postd is not specified, then all data will be used
% if no_pred is not specified, then pred will be set to 9
% if no_pred is specified, then no_postd must be specified
%
%Outputs are codenumbers, pseudoranges, snrs and best doppler
%with the pseudoranges expressed in nsec and snrs in dB.
%A signal peak must exceed 15 dB threshold for detection. An
%interpolation algorithm is used to determine signal peak location.
%If no codes are found, the the returned function will be all zeros.
%
%Outdata is a vector of size 2048 that represents the output signal plus
%noise after postdetection integration for each detected satellite vehicle,
%for the best doppler. This data was used to find pseudoranges

%*** -----***
%first open the file and find the buffersize and indices to
```

```

%process, which may be all data if not specified in input arguments

[filevals,rate]=gagopen(filename);
buffsize=filevals(3); %total number of samples in file
if nargin==6,
    lower_index=samplerange(1);upper_index=samplerange(2);
    if upper_index>buffsize-1,
        error('Samplerange is out of bounds');
    end
else,
    lower_index=0;upper_index=buffsize-1;
end

%%%-----%%%

%Now find number of doppler bins; the center of these bins are
%called dopps and they are referenced to the center of the input dopplers

if length(doppler)==length(codes), span==0;
elseif length(doppler)==length(codes)+1,
    span=doppler(length(codes)+1);
else,
    error('Length of doppler vector must equal length of codes, or 1 more');
end
if span<0, error('Span must be greater than zero');end

if srate==0, s_per_frame=6;else, s_per_frame=12;end

if nargin==3, no_pred=min(9,fix(buffsize/(1024*s_per_frame)));end
no_postd=fix(buffsize/(no_pred*1024*s_per_frame));
if no_pred<1, error('Number of predetection frames must be at least 1');end
if no_postd<1, error('Number of postdetection frames must be at least 1');end

deltaf=(1/3)*1000/no_pred; %yields about 1.5 dB loss which is made up
                           %worst case by two independent detections for
                           %when true freq is midway between bins

if span<deltaf,
    dopps=0; %no need to quantize doppler
else,
    dopps=[0:-deltaf:-span];
    dopps=sort([dopps deltaf:deltaf:span]);
end

%%% -----%%%
%Now get the FFT of codes and put them in a matrix of size length(codes)X2048

if codes==0, codes=1:28;end %search all codes in this case
codearray=zeros(length(codes),2048);
for k=1:length(codes),
    codearray(k,:)=ggs_resampled(codes(k));
end

%%% -----%%%

%In the following we input data in blocks equal to a number of PN
%frames equal to no_pred. For example if no_pred=7, the the number
%of samples from the gage is 2048*3*7=43008, so that in this case

```

```

%a full 4 Mbyte collection would take about 93 iterations. Each
%iteration then performs the pred summation, cross-correlation, mag-
%squared operation and summation with previous blocks for all dopplers
%and all satellite vehicles specified.

blocksize=1024*s_per_frame*no_pred;

start=lower_index-blocksize;
lc=length(codes);ld=length(dopps);
prdata=zeros(lc*ld,2048);
no_blocks=fix((buffsize-10*s_per_frame)/blocksize); %extra 60 or 120
samples %for overlap-save allows impulse response to
%60 or 120; see if_2_base m-file

for n=1:no_blocks,
    start=start+blocksize;
    [data,count]=gageread(filevals,start,blocksize+10*s_per_frame);
    data=if_2_base(data,srate); %Converts data to baseband and decimates to
    %2.048 MHz
    data=data(21:20+2048*no_pred); %reject edge effect data (overlaps save)
    for k=1:lc, %Iterate over SV
        ref=codearray(k,:); %code to be used for SV code(k)
        for d=1:ld, %Iterate over dopplers
            df=doppler(k)+dopps(d);
            rdata=data.*exp(-j*2*pi*df*(0:2048*no_pred-1)/2.048e6);
            rdata=sum(reshape(rdata,2048,no_pred)'); %does pred summation
            rdata=fft(rdata).*ref; %does matched filter
            %compensate for time slip per block which is fdopp/fo times time
            %noting that fdopp/fo is doppler time slip per second
            timeslip=1e-3*no_pred*df/1575.42e6;
            phase=exp(-j*2*pi*timeslip*(n-1)*(0:1024)*1e3);
            rdata(1:1025)=rdata(1:1025).*phase;
            rdata(1026:2048)=rdata(1026:2048).*conj(phase(1024:-1:2));
            rdata=ifft(rdata);
            rdata=real(rdata).^2+imag(rdata).^2; %magnitude
            prdata((k-1)*ld+d,:)=prdata((k-1)*ld+d,:)+rdata;
        end
    end
end

%%% -----%%%

sv={};prange={};snrin={};snrout={};svdopper={};outdata={};
%Now we look for peaks exceeding threshold

for k=1:lc, %look at all SV's and dopps
    z=prdata((k-1)*ld+(1:ld),:); %data matrix for sv#k and all dopplers
    z=z-mean(mean(z));
    noise=sqrt(mean(mean(z.^2))); %coarse noise rms
    threshold=5.7*noise;
    %yields Pfa less than 1e-4 per using all
    %320 sv's and 10 dopplers per SV

    indt=find(z<threshold);
    noise=sqrt(mean(mean(z(indt).^2))); %refined noise getting rid of signal
    d=z+0.2*max(mrotate(z,-1),mrotate(z,1)); %detection stat. eliminating
    %picket fence problem
    [maxd,indd]=max(d'); %finds max and location for each doppler
end

```

```

(maxsv,indsv)=max(maxd); %find global peak for this sv
if maxsv>threshold, %then we detect this sv!
    r=(maxsv/noise)^2; %peak to noise away from peak
    snin=sqrt(r/(no_pred^2*no_postd)); %snrin via N.K analysis
    snrin=[snrin 10*log10(snrin)];
    %now find snrout at peak
    snout=(no_pred^2*no_postd)*snin^2/(1+2*no_pred*snin); %via N.K anal.
    snrout=[snrout 10*log10(snrout)];

    sv=[sv codes(k)];
    d=z(indsv,:); %data for best doppler
    outdata=[outdata d];
    svdoppler=[svdoppler svdoppler doppler(k)+dopps(indsv)]; %best doppler
    ind0=indd(indsv); %best sample for best
    inds0={ind0-4:ind0+4}; %block of 9 data samples about ind0;
    ninds=find(inds0<=0);
    pinds=find(inds0>2048);
    if length(ninds)>0, %keep data to interpolate within range
        inds0(ninds)=inds0(ninds)+2048;
    elseif length(pinds)>0,
        inds0(pinds)=inds0(pinds)-2048;
    end
    dint=interp(d(inds0),10); %go to rate 20 MHz
    dint=interp(dint,10); %go to rate 200 MHz
    dint=interp(dint,5); %go to rate 1 GHz
    [amax,imax]=max(dint); %find max
    indmax=min(find(dint>0.8*amax)); %max above 80%
    tmax=ind0+(indmax-2001)/500; %pseudorange in samples
    if tmax>=2048,
        tmax=tmax-2048;
    elseif tmax<0,
        tmax=tmax+2048;
    end
    tmax=tmax*500; %pseudorange in units of nsec
    prange=[prange tmax];
end
end

if length(sv)==0, %then there were no detections
    sv=0;prange=0;snrin=0;snrout=0;svdoppler=0;outdata=0;
end

fclose('all');

```

```

function y=gpscodes(num)
%y=gpscodes(num)
%
% H. Kraemer Jan. 22, 1996.
% QPrecision Tracking, Inc., San Jose, CA. 95117
%
%Returns all 1023 bit codes associated with satellite in an
%array y of size 37x1023. Each row is the code associated
%with the satellite having the corresponding ID number. That
%is row 1 is the PN (Gold) code of satellite 1, etc.
%
%If num is specified then only one code with that number is

```

```

%returned

y1=pngen([3,10],1023,ones(1,10));
y2=pngen([2,3,6,8,9,10],1023,ones(1,10));

delays=[5,6 7,8,17,18,139,140,141,251,252,254,255,256,257,258];
delays=[delays,469,470,471,472,473,474,509 512,513,514,515,516];
%delays=[delays, 859 860 861 862 863 950 947 948 950];

if nargin==0,
    for k=1:length(delays),
        y(k,:)=xor(y1,rotate(y2,delays(k)));
    end
else,
    y=xor(y1,rotate(y2,delays(num)));
end

function r=gps_rsmpl(codenumbr)
%
% N. Krasner Feb. 16, 1996.
% QPrecision Tracking, Inc., San Jose, CA. 95117
%
%Returns the resampled Fourier transform of specified 1023 bit
%GPS code, resampled to at rate 2048 kHz and weighted
%with a "sinc" function to emulate the transform of the
%sequences consisting of a set of square pulses, which
%is ideally bandpass filtered to the first nulls (-1023 kHz).
%
%If codenumbr is 0, then all gps codes are returned in a matrix
%of size 37X2048.
%
%The transformed data contains real and imaginary components
%each of which is rounded to 4 bit signed integers in the range
%[-7,7]. This is the form stored in EPROM. This quantization
%minimizes required storage, but results in negligible loss of
%performance.
%
%As in the function gpscodes, the returned value contains 37
%rows each corresponding to the corresponding GPS code (row 1
%contains code 1, etc.) if all codes are requested.Each row is
%of length 2048 and, as stated above contains complex words whose
%components are integers in the range [-15,15].
%
%Note that this function calls the function gpscodes to create
%the various Gold codes.

if codenumbr==0,
    y=gpscodes;
else,
    y=gpscodes(codenumbr);
end

%returns matrix 37X1023 of GPS codes
y=2*y-1; %convert to -1

if codenumbr==0,
    z=zeros(37,2048);

```

```

for k=1:37,
    fyl=fft(stretch(y(k,:),2));
    fyl1=(fyl(1:1024)).*sinc([0:1023]/1023) 0 0);
    fyl1=[fyl1 fyl(1025:2046)].*sinc([1022:-1:1]/1023));
    z(k,:)=conj(fyl1); %need conjugate for matched filter
end
else,
    fyl=fft(stretch(y,2));
    fyl1=(fyl(1:1024)).*sinc([0:1023]/1023) 0 0);
    fyl1=[fyl1 fyl(1025:2046)].*sinc([1022:-1:1]/1023));
    z=conj(fyl1); %need conjugate for matched filter
end
end

z=round(z/20); %since max is 171.9 but few values are above 140
rz=min(real(z),7);rz=max(rz,-7); %limit range
iz=min(imag(z),7);iz=max(iz,-7); %limit range
z=rz+j*iz;

```

```

function data_out=if_2_base(data_in,rate)
%data_out=if_2_base(data_in)
%
% N. Krasner Feb. 20, 1996.
% OPrecision Tracking, Inc., San Jose, CA. 95117
%
%
%If rate is missing or equals 0, then the input rate is assumed
%to be 3*2048 kHz. If rate equals 1, then it is 6*2048 kHz.
%
%Converts data from GAGE digitizer sampled at either 3*2048 kHz
%or 6*2048 kHz with IF 6.144 MHz (3*2.048) centered at
%35.42 -(1400/45)=4.308889 MHz to a complex (I,Q) stream
%of data with sample rate 2.048 MHz centered at 0
%frequency (nominally). This routine does not compensate for
%any doppler shifts on SV's, nor any LO drifts. Note that the output
%data length is either 1/3 or 2/3 that of the input.

if nargin==1, rate=0;end
ifreq = 35.42 - (1400/45); %in MHz

if rate==0, %case where sample rate is 3*2048 kHz
    srate=3*2.048; % in MHz %sample rate for GAGE
    (u,v)=size(data_in);if u>v,data_in=data_in';end;ld=length(data_in);
    c=exp(-j*2*pi*[0:ld-1]*ifreq/srate); %LO
    data_out=data_in.*c; clear data_in c %convert to 0
    h=fir1(50,.9/3.072);
    data_out=filter(h,1,data_out); %filter to ±1 MHz
    data_out=data_out(1:3:ld); %decimate to yield 2.048 MHz srate
else, %case where sample rate is 6*2048 kHz
    srate=6*2.048; % in MHz
    (u,v)=size(data_in);if u>v,data_in=data_in';end;ld=length(data_in);
    c=exp(-j*2*pi*[0:ld-1]*ifreq/srate); %LO
    data_out=data_in.*c; clear data_in c %convert to 0
    h=fir1(100,.9/6.144);
    data_out=filter(h,1,data_out); %filter to ±1 MHz
    data_out=data_out(1:6:ld); %decimate to yield 2.048 MHz srate
end

```

```
end
```

```
function y=mrotate(x,m)
%y=mrotate(x,m);    matrix rotation by m units
%
% N. Krasner Feb. 20, 1996.
% OPrecision Tracking, Inc., San Jose, CA. 95117
m=round(m);
m=rem(m,lx);
if m>0,
    y=[x(:,lx-m+1:lx) x(:,1:lx-m)];
elseif m<0,
    y=[x(:,1-m:lx) x(:,1:-m)];
else,
    y=x;
end
```

```
function y=pngen(taps,npts,fill)
%pgen(taps,npts,fill)
%
% N. Krasner Feb. 13, 1995.
% ONorman F. Krasner, San Carlos, CA. 94070
%
% PGEN generates "npts" number of points of the pseudo random
% sequence defined by a shift register of length n with feedback
taps
%
% 'taps' and initial fill 'fill'. PN(npts, taps,
fill) returns a
% vector of length npts containing this sequence.
% A typical example (1,6,8,14) for R14, fill=[1
zeros(1,13)]
%
% If a single number is given in "taps" it is interpreted as
% the octal value specifying the taps, as in Peterson and Weldon.
For
% example a code 2767 (octal) = 010 111 110 111. We delete the
leading 0
% to get the polynomial 10 111 110 111. The feedback taps for this
case
% are found by ignoring the first one and choosing the remaining
"ones"
% to get position. For this case the taps are thus 2 3 4 5 6 8 9 10.

if length(taps)==1,
    taps=sprintf('%0f',taps);ntaps=[];

    if taps(1)=='1', ntaps= [1] ;
    elseif taps(1)=='2', ntaps=[ 1 0 ];
    elseif taps(1)=='3', ntaps=[1 1 ];
    elseif taps(1)=='4', ntaps=[1 0 0 ];
    elseif taps(1)=='5', ntaps=[1 0 1 ];
    elseif taps(1)=='6', ntaps=[1 1 0 ];
    elseif taps(1)=='7', ntaps=[1 1 1 ];
    end
```

```

        for k=2:length(taps)
            if taps(k)=='0', ntaps=[ntaps 0 0 0 ];
            elseif taps(k)=='1', ntaps=[ntaps 0 0 1 ];
            elseif taps(k)=='2', ntaps=[ntaps 0 1 0 ];
            elseif taps(k)=='3', ntaps=[ntaps 0 1 1 ];
            elseif taps(k)=='4', ntaps=[ntaps 1 0 0 ];
            elseif taps(k)=='5', ntaps=[ntaps 1 0 1 ];
            elseif taps(k)=='6', ntaps=[ntaps 1 1 0 ];
            elseif taps(k)=='7', ntaps=[ntaps 1 1 1 ];
            end
        end
        ntaps(1)=();
        taps=find(ntaps);
    end

    n=max(taps);

    if nargin<=2, fill=(1 zeros(1,n-1));end
    if nargin==1, npts=(2^n)-1;end
    y = zeros(1,npts);
    x = zeros(1,n);
    x = fill(length(fill):-1:1);
    for i=1:npts
        y(i) = x(n);
        x=[rem(sum(x(taps)),2), x(1:n-1)];
    end

function [file_vals, sample_rate] = gageopen(filename)
% Read gage formatted file, with particular number of samples
% function [file_vals, sample_rate] = gageopen(filename)
%
% B. Wilson Jan. 13, 1996.
% QPrecision Tracking, Inc., San Jose, CA. 95117

file_vals(1) = fopen(filename,'r');

[ sample_rate, sample_depth, head_vals, operation_mode] =
rdgghead(file_vals(1));

file_vals(2) = operation_mode;
file_vals(3) = sample_depth;
file_vals(4:6) = head_vals(1:3)

function [buf, count] = gagerread(file_vals,start,numsamples)
% Read gage formatted file, with particular number of samples
% function [buf, count] = gagerread(file_vals,start,numsamples)
% B. Wilson Jan. 13, 1996.
% QPrecision Tracking, Inc., San Jose, CA. 95117

% files_vals
% 1 - file id
% 2 - operation_mode - if =1; file is memory image interleaved
% sample_depth long; =2 memory image
% 3 - sample_depth

```



```

%
ns2 = numsamples/2;
fid = file_vals(1);
if (file_vals(2) == 2)
    buf = zeros(numsamples,1);
    fresult = fseek(fid,512+start,-1); % move to requested point in
data portion of file
    [buf, count] = fread(fid, numsamples, 'uchar');
else
    buf = zeros(ns2,2);
    fresult = fseek(fid,512+(start/2),-1); % move to requested
point in data portion of file
    [buf(:,1), c1] = fread(fid, ns2, 'uchar');
    fresult = fseek(fid,512+(start/2)+file_vals(3),-1); % move to
BANK B, portion of memory image
    [buf(:,2), c2] = fread(fid, ns2, 'uchar');
    count = c1 + c2;
    buf = reshape(buf',numsamples,1);
end
%
buf = buf - 128;

function [sample_rate, sample_depth, head_vals, operation_mode] =
rdgghead(fid)
% Read gage formatted header
% B. Wilson Jan. 13, 1996.
% OPrecision Tracking, Inc., San Jose, CA. 95117
%
%
%
%sample_rate =
[1,2,5,10,20,50,100,200,500,1000,2000,5000,10000,20000,50000];
sample_rate_table =
[1,2,4,5,10,12.5,20,25,30,40,50,60,100,120,125,150,200,250];
%
fresult = fseek(fid,0,-1); % rewind the file
%
tmp = fread(fid,14,'char');
s = setstr(tmp');
%
fresult = fseek(fid,16,-1); % move to name variable
tmp = fread(fid,9,'char');
aname = setstr(tmp');
%
fresult = fseek(fid,287,-1); % move to index to sample rate table
variable
sample_rate_index = fread(fid,1,'int16');
if (sample_rate_index == 42) % 42 is 'external'
    sample_rate = -1;
else
    sample_rate = sample_rate_table(sample_rate_index - 17);
end
%
fresult = fseek(fid,289,-1); % move to index to operation mode variable
operation_mode = fread(fid,1,'int16')
% if(operation_mode == 1)

```

```

%%      sample_rate = sample_rate / 2;
%% end
%
fresult = fseek(fid,301,-1); % move to sample_depth variable
sample_depth = fread(fid,1,'int32')
if(operation_mode == 1)
    sample_depth = sample_depth / 2 % seems like a 'bug' to me
    if (sample_depth == 4194304)
        sample_depth = sample_depth / 2
    end
end;
%
fresult = fseek(fid,313,-1); % move to starting_address
head_vals = fread(fid,3,'int32');
%
fresult = fseek(fid,339,-1); % move to sample_depth variable
resolution_12_bits = fread(fid,1,'int16');
%
fresult = fseek(fid,345,-1); % move to sample_depth variable
sample_offset = fread(fid,1,'int16');
%
fresult = fseek(fid,349,-1); % move to sample_depth variable
sample_bits = fread(fid,1,'int16');

function y=rotate(x,q)
%y=rotate(x,q)
%Rotates vector by q places
% N. Krasner Nov. 28, 1995.
% ONorman Krasner, San Carlos, CA. 94070

%If q is deleted this rotates a vector by interchanging the first and
last half
%of the vector. If the vector is odd in length the mid point is
%placed at the beginning of the new vector.
%
%If q is present and >0 this rotates the vector x right by q positions;
e.g.
%if x=[1 1 0 1 0], then rotate(x,2) yields y=[1 0 1 1 0]. If q is <0
then
%this rotates x to the left.

[m,n]=size(x);mn=max(m,n);
if nargin>1,q=rem(q,mn);end

if m>1 & n>1, error('This function works only for vectors, not
matrices.');
```

```

end
if m>1,x=x';end

if nargin==1,
    if rem(mn,2)==0,
        pivot=1+mn/2;
    else pivot=(mn+1)/2;
    end
    y=(x(pivot:mn) x(1:pivot-1));
elseif abs(q)>0,
    if q<0, q=q+mn;end %fix for shifts left
    y=(x(mn-q+1:mn) x(1:mn-q));
end

```

```

        else y=x;
        end
    end
    if m>1,y=y';end

function z=sinc(x)
%z=sinc(x)
% N. Krasner April 21, 1991
% ©Norman Krasner, San Carlos, CA. 94070
%
%Definition:  sinc(x) = sin(pi*x)/(pi*x), where x is a vector/matrix.
%sinc(x)=1 if x=0

ind1=find(x==0);
ind2=find(x~=0);
z=x;
x(ind1)=ones(1,length(ind1));
x(ind2)=sin(pi*x(ind2))./(pi*x(ind2));
z(:)=x;


function z=stretch(signal,period)
%function z=stretch(signal,period)
%
% N. Krasner March 12, 1995
% ©Norman Krasner, San Carlos, CA. 94070

%This function stretches a signal by replacing each element
%with m identical elements; m is specified by "period."

[u,v]=size(signal);
if u>1 & v>1 error('This function works only for vector inputs.');
```

```

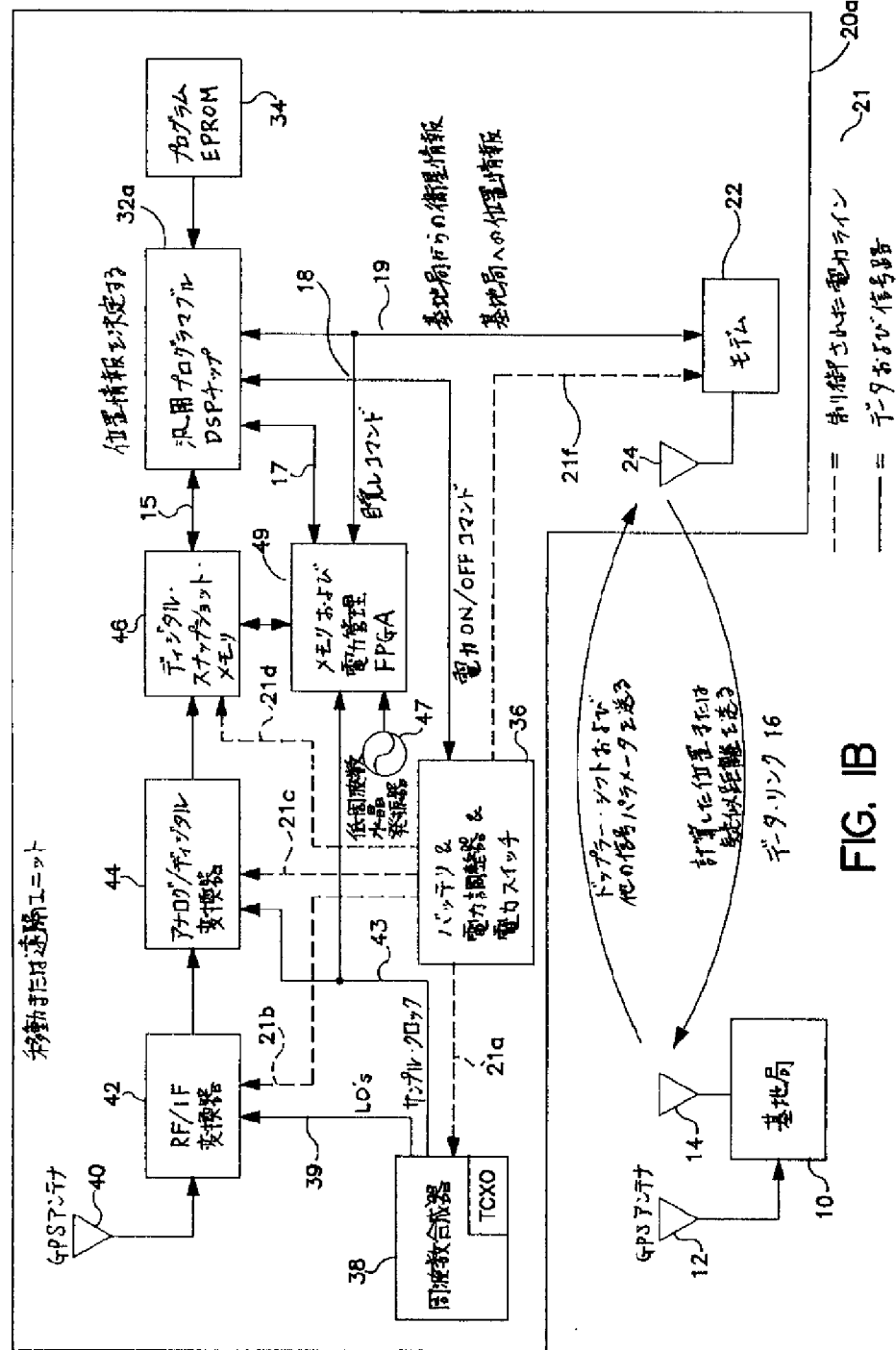
    end
    if u>1, signal=signal';end
    a=ones(period,1)*signal;
    z=a(:)';z=conj(z);
    if u>1, z=conj(z');end

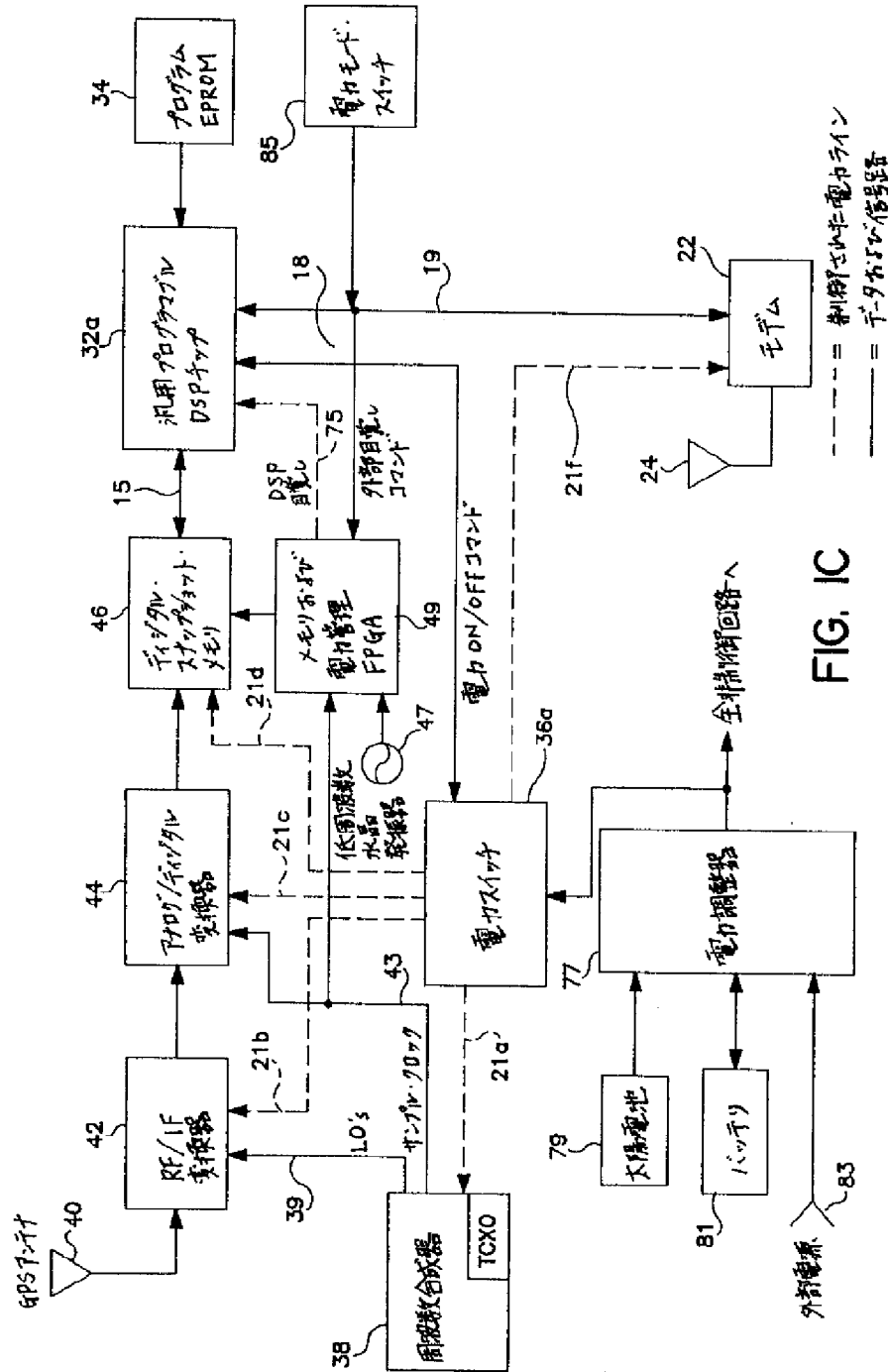

function y=xor(a,b);
%function y=xor(a,b);
%Exclusive or, term by term, of two vectors
% N. Krasner June 13, 1994
% ©Norman Krasner, San Carlos, CA. 94070

y=(a&b )| (b&~a);

```

FIG. 1A





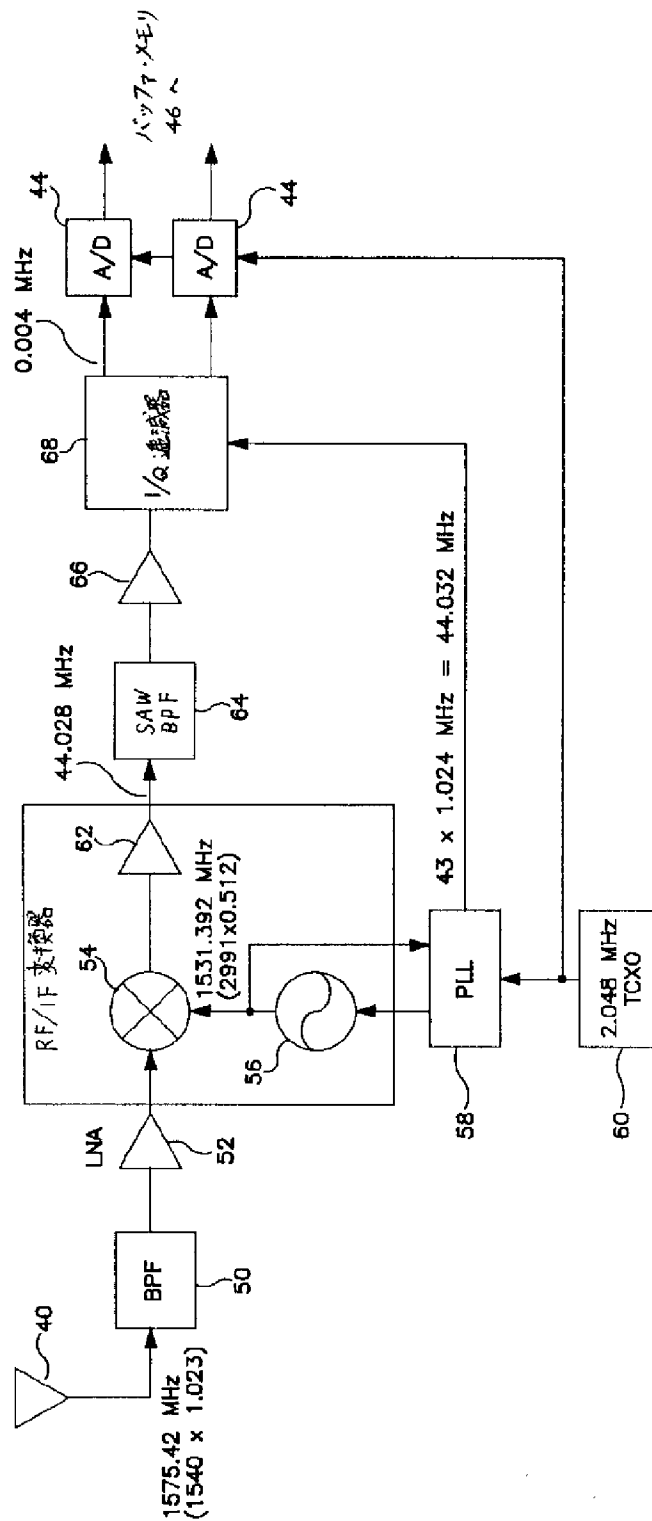


FIG. 2A

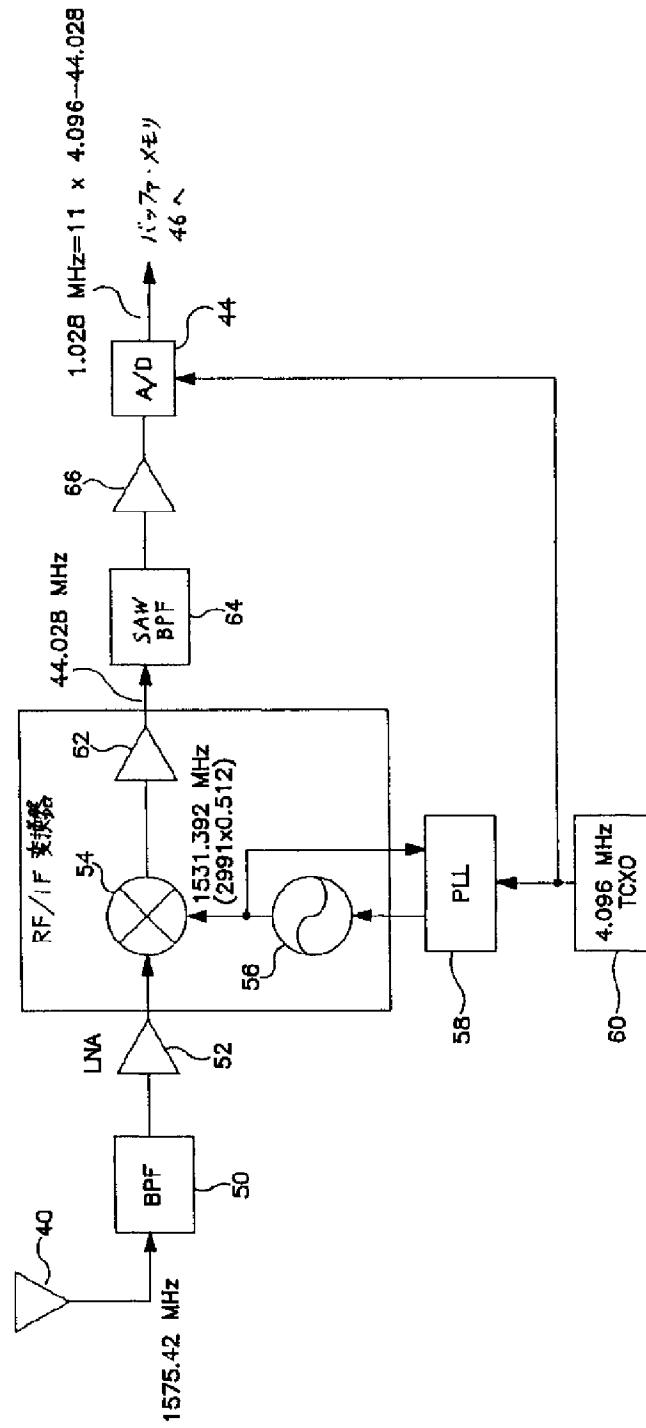


FIG. 2B

【図 3】

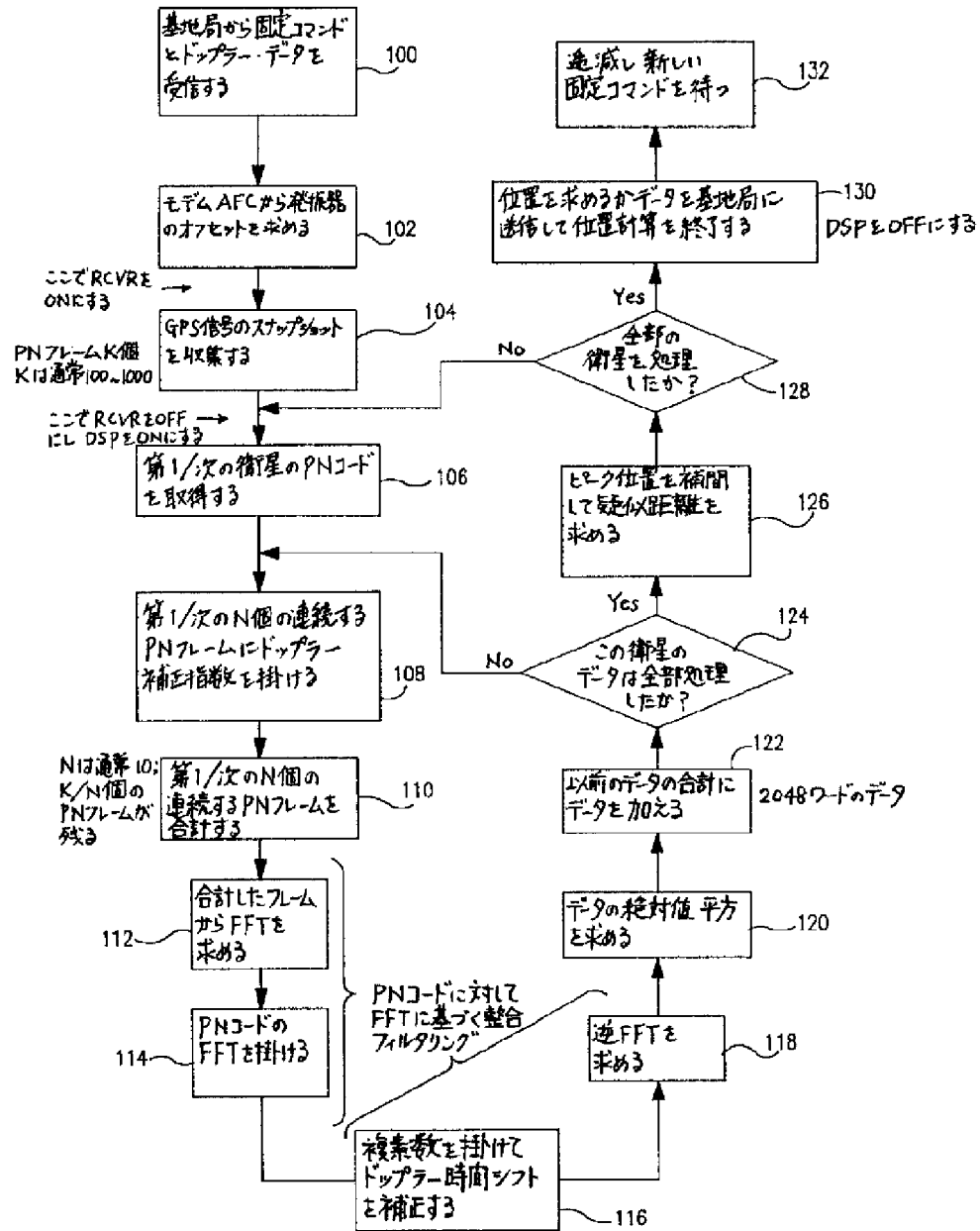
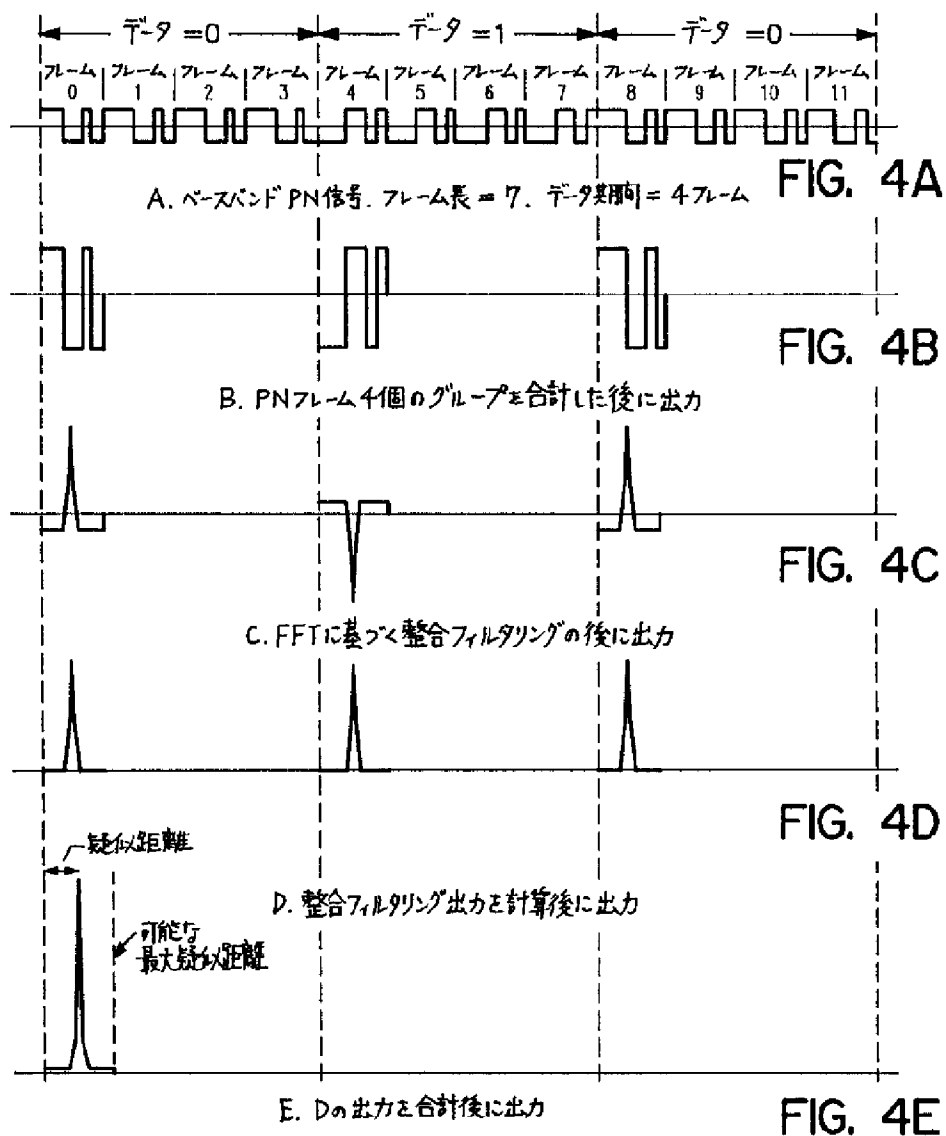


FIG. 3

【図4】



【図5】

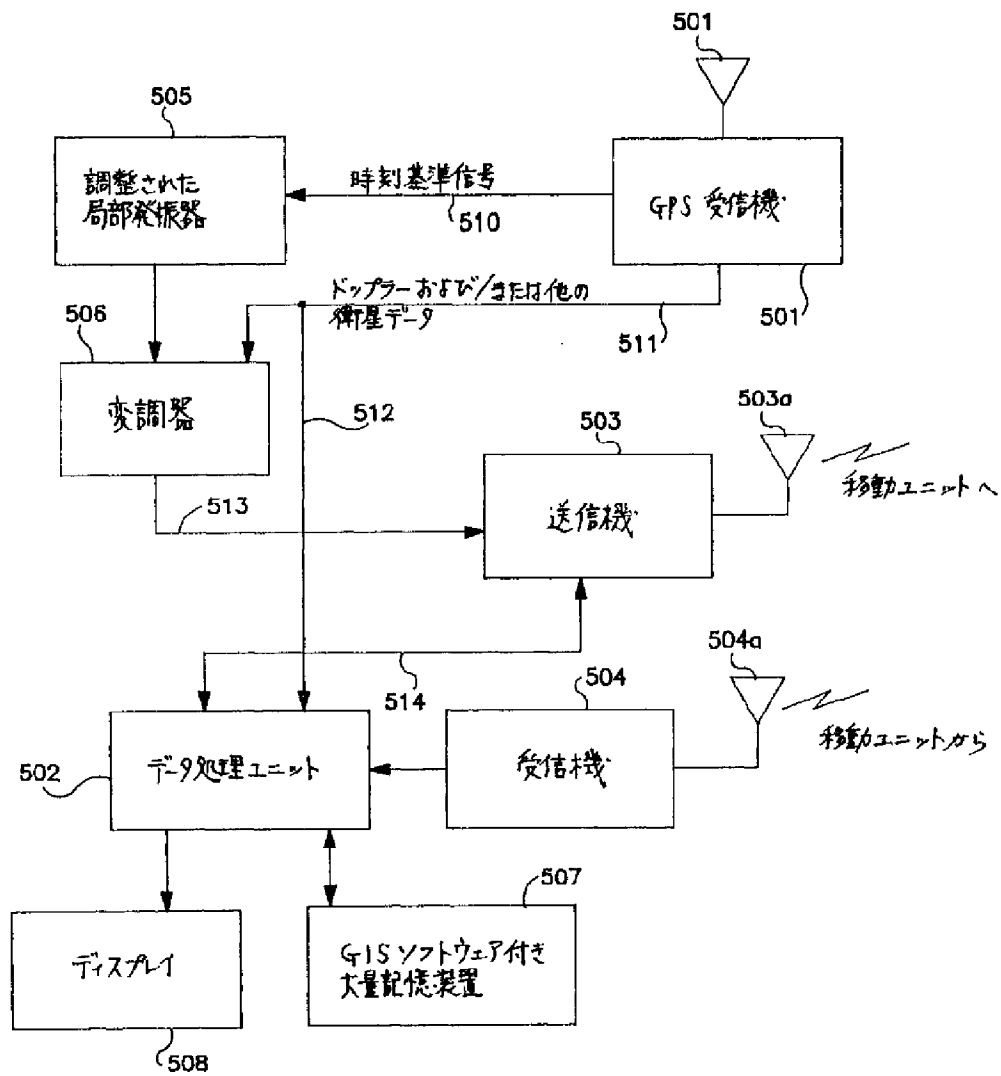


FIG. 5A

【図5】

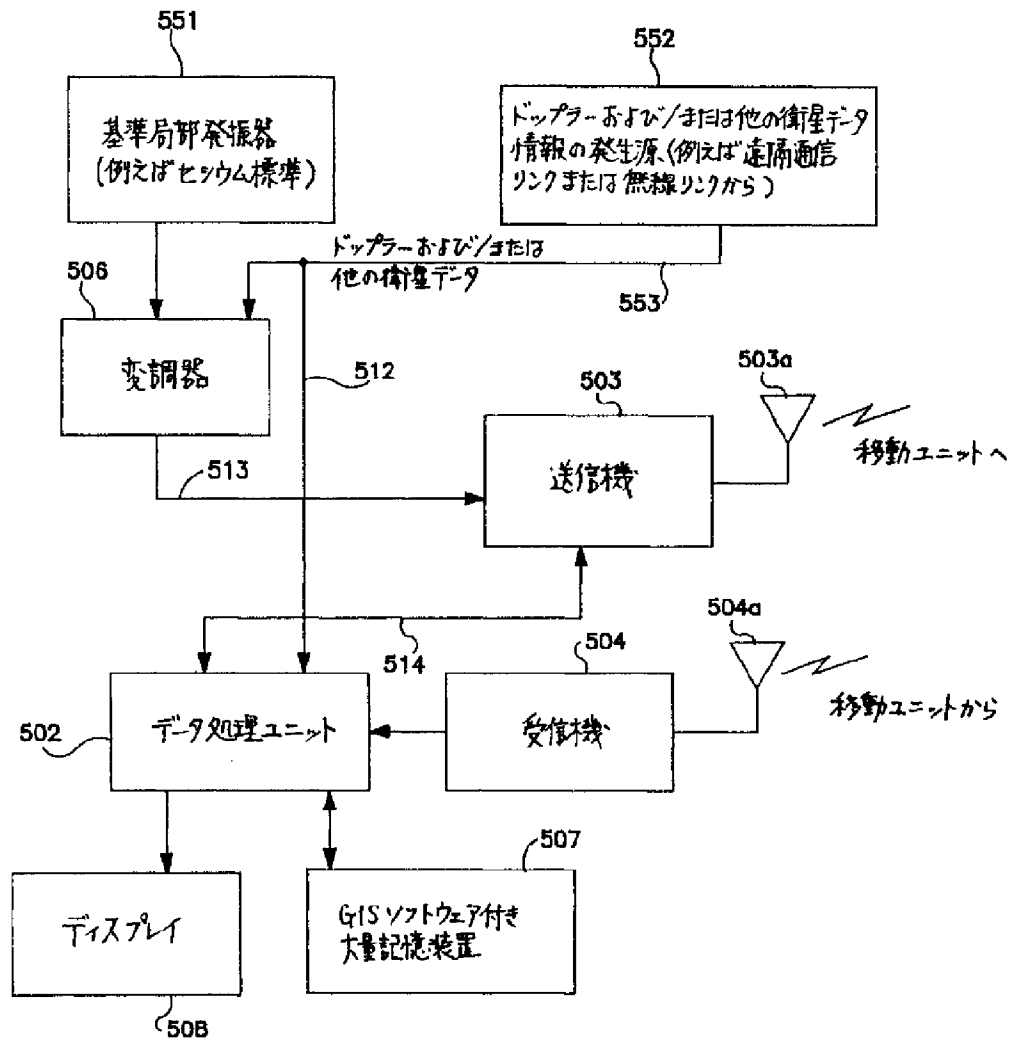


FIG. 5B

【図6】

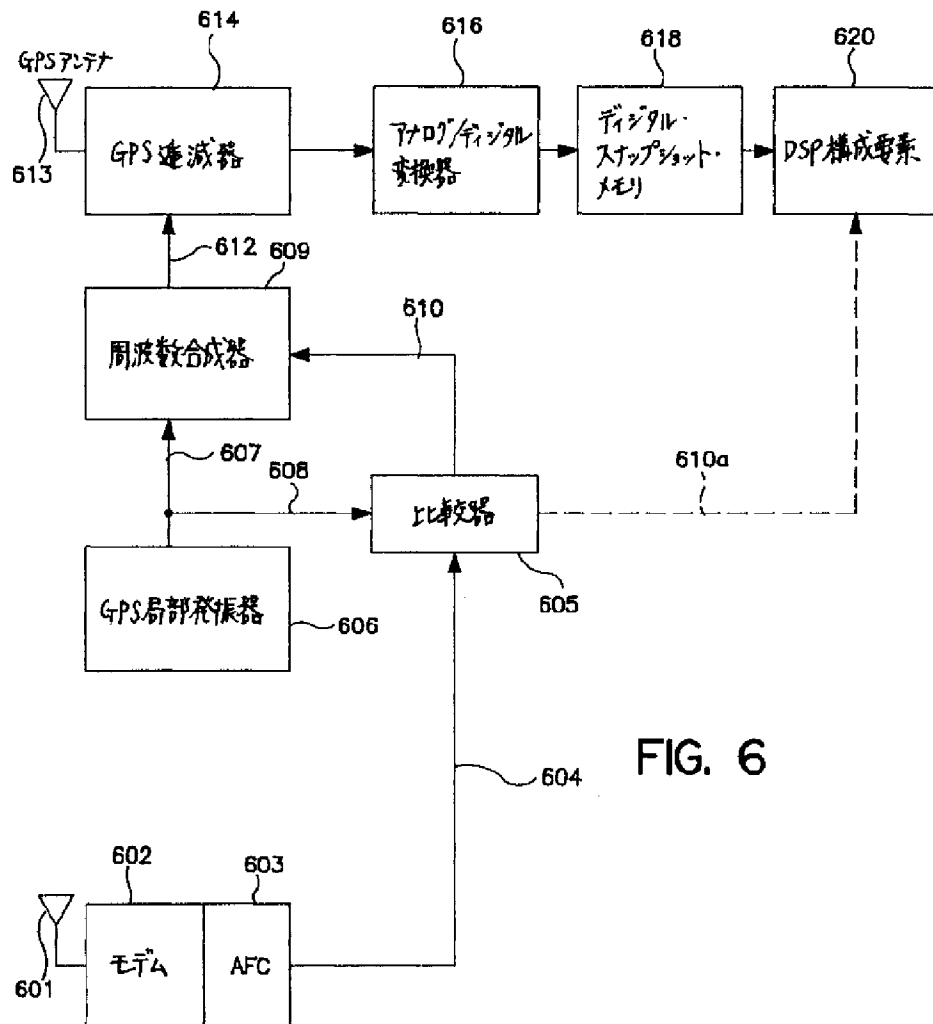
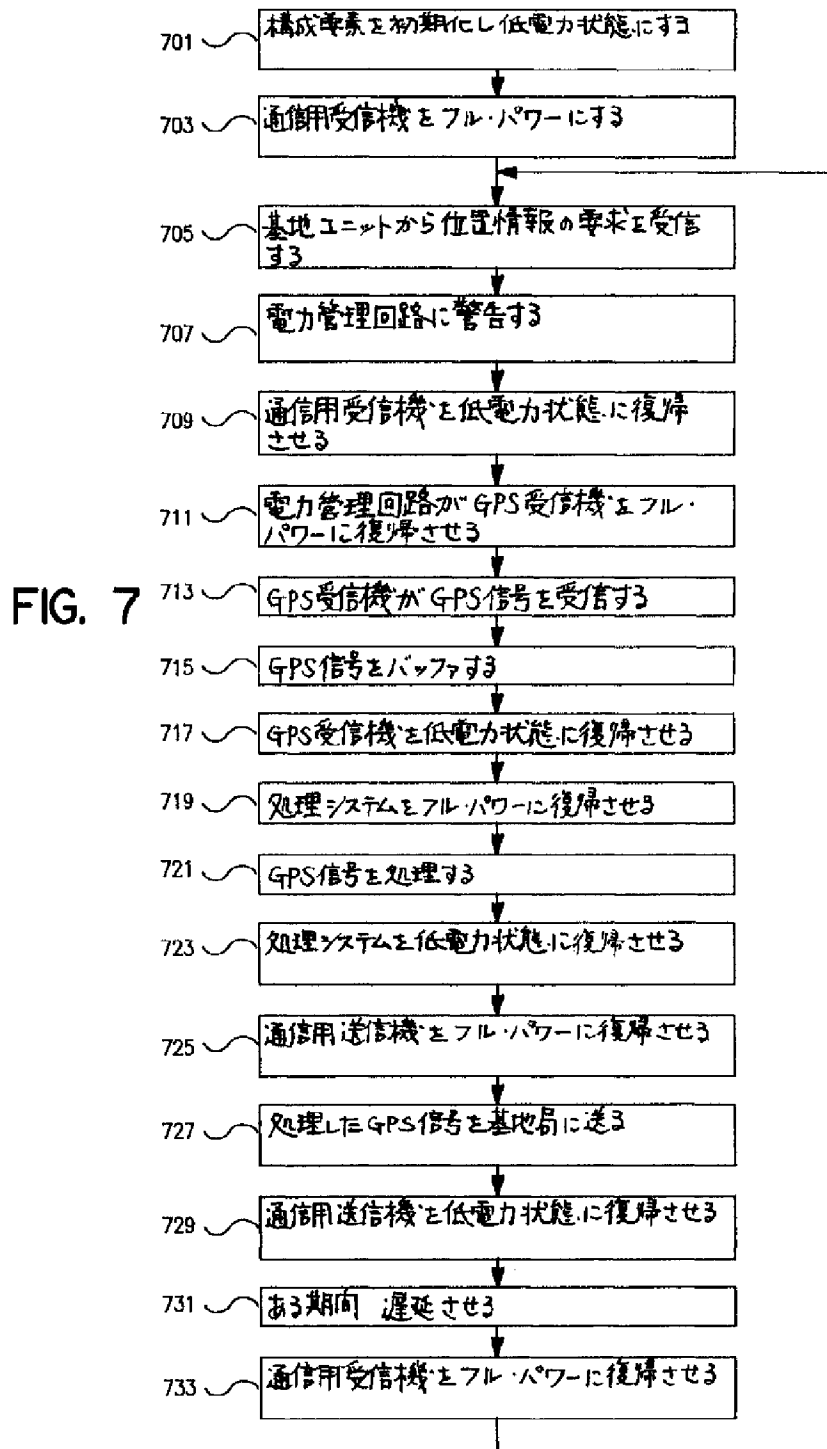


FIG. 6

【図 7】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 96/16161

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01S1/04 G01S5/14 G01S1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	US 4 998 111 A (MA STEPHEN C ET AL) 5 March 1991 see column 2, line 34 - column 4, line 10; figure 1 ---	1, 12, 39, 40 2-5, 8, 9, 13, 14, 17-19, 21-24, 41-43, 47-49, 52, 163 15, 16, 25, 53-55
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

Special categories of cited documents:

- 'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- 'E' earlier document but published on or after the international filing date
- 'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- 'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- 'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

'&' document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 April 1997

Date of mailing of the international search report

13.05.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Haffner, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 96/16161

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 445 118 A (TAYLOR RALPH E ET AL) 24 April 1984	139,140, 142,143, 146-150, 156-159, 165-167, 169,170, 176,177, 204
Y		2-5,8, 13,14, 17-19, 22,24, 47-49, 52, 88-90, 96,108, 113-116, 118,123, 124
Y	see column 5, line 1 - line 58; figure 1	141,151, 152,163, 171,172
Y	--- GB 2 273 218 A (CATERPILLAR INC) 8 June 1994 see page 8, line 32 - page 9, line 9 ---	21,23
Y	US 4 785 463 A (JANC ROBERT V ET AL) 15 November 1988	41-43
A	see column 5, line 12 - column 6, line 6; figure 1	15,16, 44-46, 56,57
Y	--- WO 94 28434 A (TRIMBLE NAVIGATION LTD) 8 December 1994 see the whole document	141,151, 152,171, 172
Y	--- US 5 491 486 A (WELLES II KENNETH B ET AL) 13 February 1996	9,63-69, 78-80, 86-90, 96,108, 113-116, 118,123, 124
A	see column 3, line 11 - column 6, last line; figures 1,2	97
Y	--- EP 0 545 636 A (NAVSYS CORP) 9 June 1993	63-69, 78-80, 86,87
A	see column 4, line 35 - column 6, line 33; figure 1	88,96, 97,123
	--- -/--	

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 96/16161

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 448 773 A (MCBURNEY PAUL W ET AL) 5 September 1995 see the whole document ---	63,88, 96,97, 123
A	EP 0 447 978 A (PIONEER ELECTRONIC CORP) 25 September 1991 see the whole document ---	63,88, 96,97, 123
A	US 5 365 450 A (SCHUCHMAN LEONARD ET AL) 15 November 1994 see column 4, line 8 - line 28; claims 2,3,9 ---	178,186, 193,197
A	US 5 245 634 A (AVERBUCH NIMROD) 14 September 1993 see the whole document -----	178,186, 193,197

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 96/ 16161

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☒ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
1-9, 12-33, 39-49, 51-57, 61-143, 144-152, 156-159, 163, 165-167, 169-172, 176-195,
197-204
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/US 96/ 16161

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/210

1. Claims 1-5, 8, 12-33, 39-49, 52-57, 139-143, 145-152, 156-159, 163, 165-167, 169-172, 176, 177, 204 are directed to the internal structure and signal processing of a GPS receiver with digital signal processing, applying fast convolution, of a remote sensor, whereby a base station transmits ephemeris and Doppler data to the remote sensor, the remote sensor measures pseudoranges, and consequently calculates its position using the pseudoranges, the ephemeris and Doppler data.
2. Claims 11, 34-37, 50, 58-60, 153-155, 160-162, 164, 168, 173-175 are directed to the position determination of a remote sensor using the GPS system, whereby the measurements are made solely at the remote sensor, then transmitted to a base station, where the position is calculated.
3. Claim 38 is directed to a computer readable medium containing a computer program having executable code for a GPS receiver.
4. Claims 9, 63-124, 126-138 are directed to power management for a GPS receiver in order to reduce the consumed power of the GPS receiver.
5. Claims 6, 7, 51, 61, 62, 125, 178-195, 197-203 are directed to calibrating a local oscillator in a mobile GPS receiver by receiving a reference signal from a base station via a communication link.
6. Claims 10, 144, 196 are directed to the position determination of a remote unit, whereby the measurements are partially made at the base station, Doppler and ephemeris measurements, and partially at the remote unit, pseudorange measurements; the measurements of the remote unit are transmitted to the base station, where position calculation takes place.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/US 96/16161

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4998111 A	05-03-91	NONE	
US 4445118 A	24-04-84	NONE	
GB 2273218 A	08-06-94	US 5430654 A DE 4340954 A JP 6213992 A	04-07-95 09-06-94 05-08-94
US 4785463 A	15-11-88	AU 6597086 A CA 1260120 A EP 0235285 A WO 8701540 A	24-03-87 26-09-89 09-09-87 12-03-87
WO 9428434 A	08-12-94	US 5418538 A	23-05-95
US 5491486 A	13-02-96	CA 2163628 A EP 0705441 A JP 8512163 T WO 9529410 A	02-11-95 10-04-96 17-12-96 02-11-95
EP 0545636 A	09-06-93	US 5379224 A AU 667492 B AU 2965792 A CA 2083343 A FI 925403 A JP 5256927 A	03-01-95 28-03-96 03-06-93 30-05-93 30-05-93 08-10-93
US 5448773 A	05-09-95	NONE	
EP 0447978 A	25-09-91	JP 3269385 A DE 69111275 D DE 69111275 T US 5222245 A	29-11-91 24-08-95 08-02-96 22-06-93
US 5365450 A	15-11-94	AU 6226794 A CA 2152052 A WO 9415412 A US 5422813 A	19-07-94 07-07-94 07-07-94 06-06-95
US 5245634 A	14-09-93	CA 2090740 A, C	24-09-93

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

(31)優先権主張番号 08/612, 669

(32)優先日 1996年3月8日

(33)優先権主張国 米国(US)

(31)優先権主張番号 08/613, 966

(32)優先日 1996年3月8日

(33)優先権主張国 米国(US)

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(KE, LS, MW, SD, SZ, UG), UA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN

【要約の続き】

数偏移を、本発明の一つの実施形態にある基地局などの外部発生源から、受信機に送ることによって改善される。